



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Determinación de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con sustitución al cemento con ladrillo de arcilla pulverizado, Nuevo Chimbote 2018”.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Erick Omar Torres Rubio

ASESOR:

Mgtr. Jenisse del Rocio Fernández Mantilla

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

NUEVO CHIMBOTE –PERÚ


2018

PÁGINA DEL JURADO

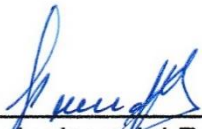
Los miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo damos conformidad para la sustentación de la tesis titulada: "DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO $f'c=210\text{KG}/\text{CM}^2$ CON SUSTITUCIÓN AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018" la misma que debe ser defendida por el tesista: Erick Omar Torres Rubio, aspirante a obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

Nuevo Chimbote, 23 de julio de 2018.



Dr. Rigoberto Cerna Chávez
PRESIDENTE



Mgr. Jenisse del Rocio Fernández
Mantilla
SECRETARIA



Mgr. Gonzalo Hugo Díaz García
VOCAL

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía y darme sabiduría para cumplir mis objetivos.

A mis padres, Carmen Rubio y José Torres, quienes siempre se han esforzado por brindarme todo lo necesario para mi formación académica; por sus consejos y la confianza que me brindan.

A mis asesores, Mgtr. Jenisse Fernández y Dr. Rigoberto Cerna, por su orientación y apoyo en la elaboración de la presente investigación.

EL AUTOR.

AGRADECIMIENTO

Primero a Dios por darme salud y sabiduría para cumplir con mis metas trazadas como estudiante.

A mis padres, José Torres y Carmen Rubio, por guiarme en cada proyecto que emprendo y brindarme su constante apoyo.

A la Mgtr. Jenisse Fernández, asesora temático; al Dr. Rigoberto Cerna, asesor metodólogo, por compartir sus conocimientos y a todos los que de alguna forma apoyaron para hacer posible esta investigación.

EL AUTOR

DECLARACIÓN JURADA

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, TORRES RUBIO ERICK OMAR, con DNI N° 70437728, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada; por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Nuevo Chimbote, 23 de Julio del 2018.



TORRES RUBIO ERICK OMAR

DNI: 70437728

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

Cumpliendo con las disposiciones vigentes establecidas del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, someto a vuestro criterio profesional la evaluación del presente trabajo de investigación titulado: "Determinación de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con sustitución al cemento con ladrillo de arcilla pulverizado, Nuevo Chimbote 2018".

En el primer capítulo se desarrolla la Introducción que abarca la realidad problemática, los antecedentes, teorías relacionadas al tema, formulación del problema, justificación y objetivos de la presente tesis.

En el segundo capítulo se describe la metodología de la investigación, es decir, el diseño de la investigación, variables y su operacionalización, población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos que se empleó.

En el tercer capítulo se expondrán los resultados obtenidos de la realización de los ensayos.

En el cuarto capítulo, se discutirán los resultados llegando a conclusiones objetivas y recomendaciones.

Asimismo, el presente estudio es elaborado con el propósito de obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

Con la convicción que se me otorga el valor justo y mostrando apertura a sus observaciones, agradezco por anticipado las sugerencias y apreciaciones que se brinde a la presente investigación.

El Autor.

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARACIÓN JURADA	v
PRESENTACIÓN.....	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	10
1.2. TRABAJOS PREVIOS.....	12
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	12
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	22
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	22
1.6. HIPÓTESIS.....	22
1.7. OBJETIVOS.....	22
II. MÉTODO.....	23
2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	23
2.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN.....	23
2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	25
2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	25
2.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	26
2.6 ASPECTOS ÉTICOS.....	28
III. RESULTADOS.....	28
IV. DISCUSIÓN.....	45
V. CONCLUSIONES.....	47
VI. RECOMENDACIONES.....	49
VII. REFERENCIAS.....	50

RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo determinar las propiedades físicas, químicas y mecánicas del concreto, sustituyendo porcentajes de cemento con ladrillo de arcilla pulverizado al 5%, 10% y 15% de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$; para la determinación de las propiedades químicas del concreto se analizan en base al análisis químico de sus componentes en la mezcla (agua, agregados y del ladrillo pulverizado de arcilla), a fin de garantizar la efectividad de la mezcla; en lo que respecta a la determinación de las propiedades físicas y mecánicas ello fue determinado en base al diseño experimental, determinando el slump y la densidad como indicadores de las propiedades físicas, respectivamente aplicadas tanto a la mezcla patrón como a las sustituciones; para el caso de las propiedades mecánicas, se realizaron ensayos de compresión, tracción indirecta y flexión, según las normas técnicas peruanas, haciendo observaciones a 7, 14 y 28 días. De los resultados, se concluyó que: Las propiedades mecánicas del concreto, se ven mejoradas al 5% de sustitución del cemento por el ladrillo de arcilla pulverizado; así mismo a mayor tiempo, mayor resistencia, siendo esto explicable, dada la existencia del material cementante (metacaolín) en el ladrillo de arcilla pulverizado (como resultado de la deshidroxilación de los minerales arcillosos), cuyos óxidos ácidos, tales como la sílice amorfa (SiO_2) y la alúmina (Al_2O_3), incluido el óxido de hierro (Fe_2O_3), al reaccionar con el hidróxido de calcio producido en la hidratación del cemento, dan lugar a la formación del silicato de calcio hidratado (CSH) y aluminato de calcio hidratado (C_4AH_{13}), siendo dichos compuestos los que generarían la alta resistencia.

Palabras claves: Arcilla, deshidroxilación, puzolana, metacaolín, hidratación del cemento y resistencia.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to determine the physical, chemical and mechanical properties of concrete replacing percentages of cement with 5, 10 y 15% pulverized clay brick of a concrete $f'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$; for the determination of the chemical properties of the concrete are analyzed based on the chemical analysis of its components in the mixture (water, aggregates and the pulverized clay brick), in order to guarantee the effectiveness of the mixture; with regard to the determination of the physical and mechanical properties, this was determined based on the experimental design, determined the slump and the density as indicators of the physical properties, respectively applied to both the master mix and the substitutions; In the case of mechanical properties, compression tests, indirect traction and flexion were performed, according to Peruvian technical standards, making observations at 7, 14 and 28 days. From the results, it was concluded that: The mechanical properties of the concrete, are improved to 5% of substitution of the cement by the pulverized clay brick; likewise, at a longer time, greater resistance, this being explained, given the existence of the cementitious material (metakaolin) in the pulverized clay brick (as a result of the dehydroxylation of the mineral clays), whose acid oxides, such as amorphous silica (SiO_2) and alumina (Al_2O_3), including iron oxide (Fe_2O_3), by reacting with calcium hydroxide produced in the hydration of the cement, give rise to the formation of hydrated calcium silicate (CSH) and hydrated calcium aluminate (C_4AH_{13}), said compounds being those that would generate high resistance.

Key words: Clay, dehydroxylation, pozzolan, metakaolin, cement hydration and resistance.

I. INTRODUCCIÓN.

1.1. Realidad problemática.

La sociedad experimenta una época en la que se busca y es necesario el cuidado del medio ambiente. Por años, no se ha prestado atención ni se ha tomado conciencia de la destrucción que estamos produciendo en el planeta debido a la extracción indiscriminada de los recursos naturales para satisfacer las necesidades de la población, sin tener en consideración de que los recursos no se renuevan al mismo ritmo con el que se están consumiendo, sobre todo si hablamos del sector construcción, el cual genera altos índices de residuos sólidos; ante ello se hace necesario plantear que los residuos puedan ser convertidos en recursos que de ser aprovechados correctamente puedan reducir el impacto ambiental, por lo que es necesario realizar pruebas físicas, químicas y mecánicas de forma experimental para comprobar la viabilidad de lo planteado, logrando así conocer una manera de reducir los residuos sólidos y por ende una conservación del medio ambiente del Distrito de Nuevo Chimbote.

Caglio *et al.* (2010, p. 29) señala que en el ámbito internacional, el cemento es el material más usado en la construcción y uno de los responsables de gran cantidad de CO₂ y el 5% del total de las emisiones mundiales de este gas, el cemento requiere para su elaboración gran cantidad de energía de combustión, con lo que para elaborar 1 tonelada de cemento se expulsa a la atmosfera aproximadamente 1 tonelada de CO₂, mismo que es responsable en su mayoría por el calentamiento global y el cambio climático.

INEI (2017) “El consumo interno de cemento, principal indicador del sector construcción aumentó 3,45% en el mes de Junio de 2017 señaló el Dr. Aníbal Sánchez Aguilar”, ante esta realidad nacional, se observa que al aumentar el consumo interno de cemento, aumenta proporcionalmente la producción de CO₂ en el Perú.

Congreso de la República (2000, p. 9), en la Ley N° 27314, ley general de residuos sólidos se dice que en cuanto a los residuos sólidos de construcción, “son aquellos residuos sólidos fundamentalmente inertes que son generados en las actividades

de construcción y demolición de obras, tales como: edificios, puentes, carreteras, represas, canales y otras afines a éstas”.

El gobierno regional de Ancash no adecua programas que tengan por objetivo almacenar y/o reutilizar los residuos sólidos de construcción y demolición, pese a que existe una ley que regula el uso y tratamiento de estos residuos; se puede observar que dichos residuos son vertidos en la vía pública y lugares descampados. La Municipalidad Distrital de Nuevo Chimbote (2017), informa que vierten estos residuos en la carretera panamericana en una extensión de 8 km en el límite de esta carretera y otros lugares que, por descuido de las autoridades competentes no son tratados debidamente, mismas autoridades que el día 9 de octubre del 2017 anunciaron una campaña de limpieza de este desmonte que en su primer día recogió 300 toneladas de residuos de construcción.

Como es de notar, de la diversidad de obras públicas y/o privadas, uno de los principales residuos sólidos de construcción es la puzolana de ladrillo de arcilla, gran parte de estos residuos son considerados como desechos (desmonte) sin ningún valor reutilizable.

Ante la situación expuesta anteriormente, es indispensable la puesta en marcha de una investigación, donde, garantizar que un concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en el cual se ha sustituido cierto porcentaje de cemento por ladrillo de arcilla pulverizado, cumpla con las propiedades físicas, químicas y mecánicas mínimas para poder ser usado de forma convencional en el sector construcción, se trata en todo caso de realizar un experimento, en el que al ejecutar los análisis y pruebas necesarias se pueda confirmar que la nueva formulación de concreto con la sustitución de ladrillo de arcilla pulverizado, pueda cumplir con las funciones específicas del concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ estándar que es usado en las construcciones de obras civiles, ayudando a reducir no sólo los residuos sólidos del sector construcción del distrito de Nuevo Chimbote, sino que al reemplazar cierta cantidad de cemento por ladrillo de arcilla pulverizado, contribuye a reducir la utilización del mismo y por ende a la reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera.

1.2. Trabajos Previos.

A nivel internacional. Castillo et al. (2010) en su artículo titulado “Activación de arcillas de bajo grado a altas temperaturas” presenta una propuesta de producción de puzolanas artificiales a partir de la activación de arcillas de baja pureza como alternativa para producción de metacaolín. La investigación se basó en un diseño experimental que consistió en la sedimentación y calcinación del suelo arcilloso; la activación a través de la molienda de las arcillas calcinadas, midiendo la composición química y propiedades físicas de diversas puzolanas; el estudio en pastas de la reactividad haciendo uso de diferentes puzolanas y comparándola con una mezcla patrón con cemento ordinario; y la aplicación y estudio en morteros para medir la fluidez y resistencia a compresión de los morteros. De la investigación es factible destacar que: “El uso de adiciones minerales activas reduce la porosidad capilar del material, destacándose la arcilla calcinada con una disminución de más del 60% respecto a la referencia” (p. 351); “Siempre y cuando estén finamente molidos, las arcillas calcinadas a 900 grados centígrados, provenientes de suelos arcillosos de bajo grado de pureza, pueden lograr una notable actividad puzolánica” (p. 351).

De la investigación antes mencionada se determina que el sustituir componentes puzolánicos en la mezcla es viable, ya que diversos estudios muestran que se puede mantener las propiedades del concreto, así que el diseño de concreto con ladrillo de arcilla pulverizado es posible.

1.3. Teorías relacionadas al tema.

1.3.1. Ladrillo de arcilla.

1.3.1.1. Definición.

Narciso (2011, p. 275) nos dice que, “La arcilla con la que se elabora el ladrillo es un material sedimentario de partículas muy pequeñas de silicatos hidratados de alúmina, además de otros minerales como el caolín, la montmorillonita y la illita. Se considera el adobe como el precursor del ladrillo, puesto que se basa en el concepto de utilización de barro arcilloso para la ejecución de muros, aunque el adobe no

experimenta los cambios físico-químicos de la cocción. El ladrillo es la versión irreversible del adobe, producto de la cocción a altas temperaturas”.

1.3.1.2. Propiedades.

La arcilla es un material barato y abundante, de fácil manejo y gran estabilidad a elevadas temperaturas, cuando se cuece el ladrillo de arcilla la temperatura que alcanza es de aproximadamente unos 400°C, sin embargo según Pizarro *et al.* (2011, p. 1) se realizaron ensayos, en los cuales se sometió a la arcilla a temperaturas elevadas, mediante análisis de DRX, de las diferentes muestras se determinó que el colapso de la estructura se produjo cuando la muestra fue calcinada en su totalidad a 800°C.

1.3.1.3. Puzolanas.

La Norma ASTM C618 (2003), señala que dicha especificación abarca cenizas volantes de carbón y puzolana natural cruda o calcinada para su posterior uso en concreto, cuando se requiera una acción cementante o puzolánica o ambas. Los materiales finamente divididos pueden reducir el contenido de aire en el concreto. Esta norma clasifica los materiales puzolánicos en:

Clase N; son puzolanas naturales crudas o calcinadas que cumplan con los requisitos aplicables para la clase, tales como algunas tierras de diatomeas, opalinas, tobas y cenizas o pumicitas volcánicas, y diversos materiales que requieren calcinación para inducir propiedades satisfactorias como algunas arcillas o esquistos. Compuestos por Dióxido de silicio (SiO₂), trióxido de dialuminio (Al₂O₃), trióxido de dihierro (Fe₂O₃). En un 4% por trióxido de sulfuro (SO₃); contenido de humedad en 3%; pérdida de ignición en 10%.

Clase F; aquí se encuentran las cenizas volantes y normalmente se producen a partir de la quema de antracita o carbón bituminoso que cumpla con los requisitos de esta clase. Compuestos por 70% de Dióxido de silicio (SiO₂), trióxido de dialuminio (Al₂O₃), trióxido de dihierro (Fe₂O₃). En un 5% por trióxido de sulfuro (SO₃); contenido de humedad en 3%; pérdida de ignición en 6%.

Clase C; cenizas volantes producidas por lignito o carbón sub-bituminoso, esta clase de cenizas cuenta con algunas propiedades cementantes. Compuestos por

50% de Dióxido de silicio (SiO_2), trióxido de dialuminio (Al_2O_3), trióxido de dihierro (Fe_2O_3). En un 5% por trióxido de sulfuro (SO_3); contenido de humedad en 3%; pérdida de ignición en 6%.

Como es de observar existen distintos tipos de materiales puzolánicos, por lo que se debe establecer la composición química de una puzolana de ladrillo de arcilla pulverizado; teniendo en cuenta que, este proceso comienza desde la calcinación del ladrillo de arcilla, homogeneización y pulverización, para así determinar sus características al formar parte de la composición del concreto.

A fin de comprender particularmente las bondades del ladrillo de arcilla como material puzolánico natural para el caso de la presente investigación, es preciso indicar que, como resultado de la calcinación de las arcillas (cocción entre $500\text{ }^\circ\text{C}$ a $900\text{ }^\circ\text{C}$) se produce la deshidroxilación de los minerales arcillosos y se da lugar a la formación de metacaolín. Según Fernández, 2009, citado por Castillo et al. (2010), sostienen que la temperatura de activación óptima se encuentra en el rango de $630\text{ }^\circ\text{C}$ a $800\text{ }^\circ\text{C}$), así mismo se sostiene que, el tiempo de calcinación, así como la forma y tamaño de las partículas influyen en la reactivación del metacaolín.

Al respecto, de, Ioannou, Ilia & Philokyrou (2009), se deduce que, los residuos de ladrillo de arcilla pulverizado pueden ser empleados como reemplazo de cemento, generando beneficios ambientales ya que al aprovechar este residuo se logra reducir la disponibilidad de este material en los vertederos, además de disminuir las emisiones de CO_2 generadas en la industria cementera.

De acuerdo con la ASTM Internacional (2014, p. 4) en cuya designación C618 – 12^a y según lo citado por Villalba (2013, p. 39) quien se refiere a la misma, es preciso resumir las siguientes características químicas del material puzolánico de clase N.

Tabla 1. Estándar requerido por la norma ASTM C618 para el material puzolánico de clase N.

Datos analíticos	%
Si ₂ O ₃	61,00
Al ₂ O ₃	18,00
Fe ₂ O ₃	5,20
Si ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	>= 70,00
SO ₃	<= 4,00
CaO	6,00
MgO	<= 5,00
Na ₂ O	<= 1,50
K ₂ O	0,80
Humedad	<= 3,00
Perdida por calcinación	<= 10,00

Fuente: ASTM Internacional (2014).

1.3.2. Concreto.

1.3.2.1. Definición.

Porrero *et al.* (2014, p.31) indica que el concreto también llamado hormigón, está básicamente constituido por dos partes: la pasta (cemento Portland y agua) que tiene la propiedad de endurecer con el tiempo; y la otra cuyos componentes son pétreos (arena y grava o piedra triturada). El agua en la pasta aporta fluidez a la mezcla y posteriormente endurece debido a una reacción química con el cemento.

1.3.2.2. Componentes básicos del concreto.

Los componentes básicos del concreto son agregados finos, agregados gruesos, agua, cemento y otros aditivos que, dependiendo de la función específica para la que será usado el concreto, variando no sólo los aditivos sino los porcentajes de composición de los agregados y el cemento.

McCormac (2012) señala que los agregados deben ser fuertes, durables y limpios. Si se encuentran en ellos polvo u otras partículas, pueden inferir en la adherencia entre la pasta de cemento y los agregados. Entre los agregados finos se tienen a las arenas naturales cuyos granos han sido depositados por las aguas o manufacturadas (obtenidos por trituración), y entre los agregados gruesos se tiene usualmente a la piedra picada, canto rodado natural, o canto rodado picado; proveniente de rocas fragmentadas o granos naturales redondeados que han sido

arrastrados por efecto de las aguas. El cemento Portland es un Clinker finamente pulverizado, se produce con la combinación química de materia de carácter ácido (sílice y alúmina) que provienen de arcillas, con otras de carácter básico (principalmente cal) aportadas por calizas; este es producido a elevadas temperaturas de cocción. Esta combinación da por resultado una especie de cal hidráulica perfeccionada.

1.3.2.3. Estructura y microestructura del concreto

Sánchez (1986) nos dice que la estructura del concreto está compuesto por cemento calcáreo, agua, agregados (fino y grueso), aire en pequeñas proporciones y ocasionalmente aditivos para modificar las propiedades del concreto; el cemento Portland ocupa entre 7% y el 15% del volumen total y cuyas propiedades de adherencia y cohesión proveen buena resistencia a la compresión; el agua ocupa entre el 14% y 18% del volumen e hidrata al cemento Portland debido a reacciones químicas; esta mezcla de agua-cemento es llamada pasta de cemento y lubrica la mezcla fresca. Además esta pasta endurecida provee resistencia mecánica y durabilidad al concreto.

Sánchez (1986) también sostiene que los agregados ocupan entre el 59% y 76% del volumen, son materiales inertes, naturales o artificiales, estos agregados son finos o gruesos; provienen de la erosión de rocas, pero también existen agregados artificiales. Estos agregados controlan los cambios volumétricos de la pasta de cemento y proveen resistencia mecánica; el aire usualmente atrapado, comprende entre 1% y 3% del volumen; o puede incluir aire intencionalmente atrapado entre 1% y 7% del volumen de la mezcla, esto es logrado con el uso de aditivos o cementos que contengan agentes inclusores de aire y finalmente los aditivos que se añaden a la mezcla con el objeto de modificar las propiedades del concreto como: mejorar la manejabilidad en estado fresco, reducir los requerimientos de agua para mezclado, acelerar o retardar los tiempos de fraguado, aumentar la resistencia mecánica, aumentar la durabilidad, o alterar otras propiedades.

La durabilidad del concreto es la capacidad que tiene el concreto para resistir la acción del medio ambiente al que se ve expuesto, los ataques químicos o biológicos, de la abrasión u otro proceso de deterioro.

Cipriano (2012) indica que la vida útil de las estructuras de concreto tiene relación con el comportamiento de la propia bajo determinadas condiciones de servicio, durante un periodo de tiempo suficientemente largo. Por lo que es el periodo de tiempo en el cual, la estructura conserva los requisitos previstos de seguridad, funcionalidad y estética, con costos razonables de mantenimiento. Entonces, si una estructura tiene elevado costo de mantenimiento estructural y este supera el monto de reconstrucción, es factible demoler y reconstruir.

1.3.2.4. Propiedades del concreto

El concreto tiene propiedades físicas, químicas y mecánicas que varían dependiendo de su composición y el proceso de la mezcla, estas propiedades son las que determinan su durabilidad y vida útil dependiendo de a qué condiciones es sometida.

La reacción entre la sílice amorfa y la alúmina del metacaolín con el hidróxido de calcio (HC) producido en la hidratación del cemento da lugar a la formación de silicato de calcio hidratado (CSH) y aluminato de calcio hidratado (C₄AH₁₃), los cuales promueven en las mezclas (morteros o concretos) alta resistencia y baja permeabilidad (Singh & Garg, 2006).

De acuerdo con Sha y Pereira (2001) encuentran que, la adición de metacaolín a los cementos para la producción de morteros u hormigones, producen cambios de fase y transformaciones microestructurales que inciden en las propiedades físicas y químicas del material. Los iones OH⁻ (enlaces de Van der Waals) que se producen en la hidratación del cemento, se depositan en los poros del hormigón y al entrar en contacto con la sílice amorfa de las puzolanas, como es el caso del metacaolín, producen un gel extra de silicato de calcio hidratado, reduciendo así el hidróxido de calcio, lo que genera ventajas significativas a las mezclas, tales como el aumento de la resistencia mecánica y la disminución de la porosidad, siendo este efecto conocido también como el efecto de microrelleno.

Por su parte Restrepo, Restrepo y Tobón (2006) sostienen que, la utilización de las puzolanas en el cemento Portland, en términos generales, presenta un efecto en la disminución del calor de hidratación debido a que tiene un menor porcentaje de los compuestos responsables de la elevación de la temperatura durante el fraguado del cemento, lo que implica una menor formación de capilares y por ende una mayor densidad y compacidad, a su vez necesita una menor utilización de agua para el curado de los elementos.

1.3.2.4.1. Propiedades físicas del concreto.

El Instituto Mexicano del cemento y del concreto (2004) nos dice que las propiedades físicas son aquellas que logran cambiar la materia sin alterar su composición y entre ellas se pueden destacar:

Compacidad del concreto:

Es la capacidad de acomodamiento que tienen las partículas de los ingredientes sólidos que lo componen, y está definida como la cantidad de materiales sólidos, por unidad de volumen de concreto. A mayor compacidad, mayor peso unitario del concreto.

Porosidad:

Es el volumen de espacios que quedan dentro de la masa del material, esto debido a la evaporación del agua libre de la mezcla y de la presencia de aire atrapado.

Debido al tamaño de sus poros, estos pueden ser:

- Poros de aire o macroporos; son las burbujas de aire que quedan naturalmente atrapadas, también llamados poros de compactación y poros de aire ocluido; su diámetro es mayor a 0.2mm, además no suelen estar interconectados.
- Poros capilares; se encuentran por fuera del gel de cemento, su tamaño oscila entre 0.00002mm y 0.2mm de diámetro. A mayor cantidad de poros capilares se reduce la resistencia del concreto a los ataques físicos, químicos y biológicos.
- Poros de gel o microporos; están presentes en la pasta de cemento y su diámetro es menor de 0.00002mm.

Absorción:

La absorción del concreto está definida como la relación que existe entre la masa de agua que entra por los poros saturables y el peso seco de la muestra penetrada por el agua.

Porosidad fundamental o abierta:

Está definida como la relación que hay entre el volumen de poros accesible el agua y el volumen aparente de la probeta. Está relacionada con los poros interconectados por donde es posible que se transporte fluidos.

Permeabilidad del concreto:

Consiste en que éste pueda ser atravesado por líquidos, gases o iones a causa de una diferencia de presión entre las dos superficies opuestas del material. Se determina por el caudal filtrado de acuerdo a la ley de Darcy en el cual el flujo es laminar y permanente.

Hermeticidad:

Es la capacidad del concreto de retener el agua sin escapes visibles.

Consistencia:

“Es la oposición que presenta el hormigón fresco a experimentar deformaciones y que depende del agua de amasado, el tamaño máximo del árido, granulometría y forma de los áridos”. (Ávila, 2015, p. 319).

Densidad:

Se define como la relación entre la masa y el volumen. Fundamentalmente la densidad del concreto depende del tipo de árido o agregado utilizado en la elaboración del concreto, así mismo tiene una relación directa con la compacidad. (Guerrero, 2014)

1.3.2.4.2. Propiedades mecánicas del concreto

Morales (2014) nos indica que las propiedades mecánicas son las características inherentes que permiten diferenciar a un material de otro, es el comportamiento que puede tener en los diferentes procesos de mecanización que pueda tener, como por ejemplo:

Resistencia a la compresión:

Indica la fuerza máxima con la que puede comprimirse el concreto antes de que se rompa. De acuerdo con Ávila (2015), es la compresión la resistencia más elevada, siendo diez veces más elevada a la tracción (flexión y tracción indirecta), “[...] se calcula a 7 y 28 días de la puesta en obra, siendo esta última la que se considera para el cálculo de las estructuras” (p. 320).

Resistencia a la tracción:

Indica la fuerza máxima con la que puede estirarse el concreto antes de que se rompa.

Dureza:

Es la propiedad que tiene el concreto de resistir el rayado y el corte de su superficie. Por ejemplo: la madera puede rayarse con facilidad, esto significa, que no tiene mucha dureza, mientras que el vidrio cuando lo rayas no queda marca, por lo tanto tiene gran dureza.

Tenacidad:

Es una medida de la cantidad de energía que el concreto puede absorber antes de fracturarse. Evalúa la habilidad del concreto de soportar un impacto sin quebrarse.

Resistencia a la flexión:

De acuerdo con Rivera (s.f), esta resistencia es baja en comparación con su resistencia a compresión y se mide por el módulo de rotura. El método que se emplea para medir la resistencia a flexión es usando una viga simplemente apoyada, aplicando una carga a los tercios de la luz o al punto medio, los resultados difieren según el método utilizado.

1.3.2.4.3. Propiedades químicas del concreto.

Entre las propiedades químicas notables del concreto, se tiene, a la reacción a los sulfatos, pudiendo “[...] sufrir deterioro en un grado que depende de los constituyentes del concreto, la calidad del concreto en el lugar, así como el tipo y la concentración del sulfato” (Imcyc, 2006, p. 44). Para el caso particular interesa conocer la reacción que, depende de los constituyentes o componentes del concreto, en especial, la del cemento ya que es el compuesto base que tiene diversos componentes químicos que reaccionan entre sí, entre las propiedades

químicas del cemento tenemos a la pérdida por calcinación (Álcalis) y al residuo insoluble (Anhídrido Sulfúrico).

Según Imcyc (2006, p. 46) “Los estudios han demostrado que los cementos que contienen potencialmente menos hidróxido de calcio en la hidratación se comportan bien en exposición de sulfatos”. Además sostiene que, al aumentar las proporciones de metacaolín, se producen mejoras de hasta un 25% en las reacciones al álcali-sílice, la resistencia a sulfatos y la resistencia a la corrosión (Rafik et al., 2010).

Rafik et al. (2010), también cita a Ramlochan y Thomas (2000), quienes observaron que:

[...] los morteros elaborados con cualquier porcentaje (entre un 5 y un 25%) de MK de alta reactividad como sustitución parcial de cementos con un elevado contenido en C3A ($\approx 10\%$ de C3A) pueden considerarse moderadamente resistentes a los sulfatos, mientras que los elaborados con MK de alta reactividad y un cemento con un contenido moderado o bajo de C3A ($< 6\%$ de C3A) pueden considerarse altamente resistentes a los sulfatos (p. 35)

De acuerdo con Rivera (s.f), precisa que el potencial de hidrógeno (pH) del agua, debe estar entre un nivel de concentración de 6 y 8).

Así mismo, el citado autor, precisa que:

Los mayores iones que se presentan usualmente en aguas naturales son calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonato, sulfato, cloruro, nitrato, y menos frecuente carbonato. Las aguas que contengan un total combinado de estos iones comunes que no sea mayor de 2 g/l (2000ppm), son generalmente adecuadas como agua de mezcla. (p. 78).

Al respecto de los cloruros, precisa que, los cloruros permitidos “[...] en el agua de mezcla, depende de la cantidad total de cloruros en el hormigón considerando las demás fuentes. Como una guía, el contenido total de cloruros del agua no debe exceder generalmente de 0,5 g/l” (p. 78).

Por último en cuanto a la cantidad de sulfatos en el agua de mezcla, estos no deben exceder de 1 g/l. “Sin embargo se ha empleado satisfactoriamente agua con un contenido de sulfatos más alto” (p. 78).

1.4. Formulación del problema.

¿Cuál será el resultado de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con mezcla patrón y sustituyendo el 5, 10 y 15% de cemento con ladrillo de arcilla pulverizado?

1.5. Justificación del estudio.

El estudio busca una alternativa tecnológica que utiliza una potencial puzolana, especialmente el ladrillo de arcilla pulverizado, muy abundante en el distrito de Nuevo Chimbote, para producir concreto, reduciendo el volumen del cemento, cumpliendo con los parámetros físicos, químicos y mecánicos que indican las normas vigentes. Un resultado añadido a la utilización de este material, es la mitigación del impacto ambiental, dado su alto volumen de producción, siendo que es arrojado sin ningún tipo de tratamiento ambiental.

1.6. Hipótesis.

La sustitución de ladrillo de arcilla pulverizado mejora significativamente las propiedades físicas, químicas y mecánicas para un concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$, al 5, 10 y 15% de sustitución.

1.7. Objetivos.

Objetivo general.

Determinar las propiedades física, químicas y mecánicas del concreto con sustitución de ladrillo de arcilla pulverizado al 5%, 10% y 15% de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y compararla con la mezcla patrón.

Objetivos específicos.

- Determinar las propiedades físicas, como el asentamiento y densidad del concreto con mezcla patrón y con la mezcla con sustitución al cemento con ladrillo de arcilla pulverizado al 5%, 10% y 15%.

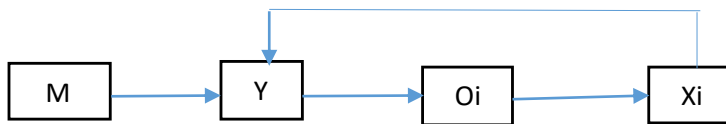
- Determinar las propiedades químicas del ladrillo de arcilla pulverizado, la durabilidad al ataque de sulfatos de los agregados y las características del agua (ph, sulfatos y cloruros) usada en la mezcla.
- Determinar las propiedades mecánicas del concreto, como la resistencia a compresión, tracción indirecta y flexión con mezcla patrón y con la mezcla con sustitución al cemento con ladrillo de arcilla pulverizado al 5%, 10% y 15%.

II. MÉTODO.

2.1. Diseño de investigación.

De acuerdo al fin que persigue: Investigación aplicada, porque usa los conocimientos existentes para resolver problemas de la realidad.

De acuerdo a la contrastación de resultados: Correlacional; porque miden dos variables y establecen una relación estadística entre las mismas (correlación), sin necesidad de incluir variables externas para llegar a conclusiones relevantes.



M= concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Y= propiedades físicas, químicas y mecánicas del concreto

Oi= resultados.

Xi= ladrillo de arcilla pulverizado.

2.2. Variables, Operacionalización.

- Variable independiente: ladrillo de arcilla pulverizado.
- Variable dependiente: propiedades físicas, químicas y mecánicas del concreto.

Tabla 2. Operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Ladrillo de arcilla pulverizado	Se obtiene por un proceso de cocción de arcillas y otros componentes naturales, que dependen del lugar donde se los encuentra. Es común encontrar arcillas muy ricas en óxido de hierro que le da al ladrillo esa coloración rojiza, luego de la cocción (Narciso, 2011)	Escombros de ladrillo de arcilla triturado y pulverizado hasta obtener una materia similar al cemento (pasante de la malla N°200), el cual sustituirá en 5, 10 y 15% del cemento (kg) en la mezcla.	Propiedades químicas	Compuestos químicos	Razón
Propiedades físicas, químicas y mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$	Son las propiedades inherentes al concreto que le permite ser usado en multitud de tipos de construcciones, las cuales pueden variar dependiendo de la condición específica para la que es usado (Sánchez, 1986)	Se sustituye un porcentaje del cemento con ladrillo de arcilla pulverizado, las cuales serán 5%, 10% y 15% para determinar las propiedades de dicho concreto con las sustituciones respectivas.	Propiedades físicas	Asentamiento	Razón
				Densidad	
			Propiedades químicas	Ph en el agua	Intervalo
				Cloruros en el agua	
				Sulfatos en el agua	
			Propiedades mecánicas	Inalterabilidad del agregado por medio de sulfato de magnesio	Razón
Resistencia a compresión					
Resistencia a tracción indirecta					
Resistencia a flexión					

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Población y muestra.

Población.

Propiedades físicas	NTP 339.035 Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland. 1 muestra de cono de Abrams para cada diseño de mezcla (4 en total).
	NTP 339.046 Peso unitario. 4 muestras para hallar el peso unitario.
Propiedades mecánicas	NTP 339.034 Ensayo de la resistencia a la compresión. 36 probetas en total (9 para cada tratamiento).
	NTP 339.078 Ensayo de la resistencia a la flexión. 36 viguetas para determinar la resistencia a la flexión.
	NTP 339.084 Ensayo de la resistencia a la tracción indirecta. 36 probetas para determinar la resistencia a la tracción indirecta.
Propiedades químicas	NTP 400.016: AGREGADOS, Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. 1 muestra para cada agregado (2 en total).
	Valores de pH, cloruros y sulfatos en el agua usada para la mezcla.
	Compuestos químicos del ladrillo de arcilla pulverizado.

Muestra.

Estuvo conformada por el total de la población, es decir, la misma cantidad de probetas para todas las pruebas mencionadas anteriormente, por lo tanto resulta innecesario aplicar alguna estadística de muestreo.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.4.1. Técnica de recolección de datos.

La observación: La técnica permitirá orientarse de forma que las muestras obtenidas en el laboratorio para los distintos tipos de formulaciones de concreto pudieran ser modificadas, observadas y registradas sin haber tenido un registro previo.

La técnica en mención se materializará en protocolos, donde las diferentes pruebas fueron registradas para su posterior análisis.

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

El instrumento se hará en base a protocolos, para recolectar información de laboratorio correspondiente al estudio de las propiedades mecánicas, físicas y químicas del concreto, entre las cuales tenemos:

- NTP 339.035 Asentamiento de concreto fresco con el cono de Abrams.
- NTP 339.046 Peso unitario.
- NTP 339.034 Ensayo de la resistencia a la compresión.
- NTP 339.084 Ensayo de la resistencia a la tracción indirecta.
- NTP 339.078 Ensayo de la resistencia a la flexión.
- NTP 400.016 Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.
- Ensayo para determinar el contenido de pH, cloruros y sulfatos en agua usada para mezcla de concreto.
- Compuestos químicos del ladrillo de arcilla- según ASTM C-618.

De los cuales se determinaron sus especificaciones técnicas para definir criterios y tolerancias.

2.4.3. Validación y confiabilidad del instrumento

Los ensayos de laboratorio no necesitan estar validados, debido a que ya se encuentran estandarizados y normados.

2.5 Métodos de análisis de datos.

Los datos fueron analizados en base a la hipótesis, ya que ello permite el análisis de la hipótesis planteada, empleando cálculos matemáticos y procedimientos observacionales, como medidas de las propiedades físicas, químicas y mecánicas; y la representación en tablas y gráficos de los resultados.

Metodología del trabajo.

- En primer lugar se realizó la recolección del ladrillo de arcilla, el cual fue extraído de la vía pública, tanto de obras privadas como de residuos

producto de obras públicas, si tuviera mortero se procede a retirarlo para evitar el uso de otros compuestos en la mezcla. Luego se pulverizó haciendo uso de un molino manual y se tamiza por la malla N°200 para obtener el fino pulverizado que se utilizará en la mezcla experimental.

- Luego se realizó la adquisición de los materiales para elaborar el diseño de mezcla y los ensayos pertinentes: Cemento Tipo I, piedra chancada de ½", arena gruesa, extraídos de la cantera San Pedrito y La Carbonera respectivamente; y el agua potable (Laboratorio Suelos de UCV).
- Se procede a realizar los ensayos para obtener los compuestos químicos del ladrillo de arcilla pulverizado, para compararlo con la norma ASTM C-618 y caracterizarla de acuerdo a la clase de puzolana.
- Luego se realizó los ensayos pertinentes de los agregados, que determinaron sus características y así realizar el diseño de mezcla por el método ACI.
- Se procede a obtener la dosificación para una resistencia de $F'c=210\text{kg/cm}^2$; luego se hizo la mezcla patrón con dicha dosificación y se mide las propiedades físicas como asentamiento y la densidad de la mezcla; este procedimiento se repitió para las mezclas con 5,10 y 15% de sustitución al cemento con ladrillo de arcilla pulverizado.
- También se determinaron las propiedades químicas del agua (potable) usada en la mezcla, para verificar el ph, cloruros y sulfatos presentes. El RNE en el apartado agua para el concreto, especifica que, el agua debe ser potable y si no lo fuera se realizan estudios que confirmen que esta agua es apta para realizar una mezcla de concreto. Además se realiza el ensayo de resistencia al ataque de sulfatos de los agregados, que determinan el desgaste por este tipo de agentes cuando reaccionan con los sulfatos de magnesio o sodio.
- Por último se realizó la determinación de las propiedades mecánicas como: resistencia a compresión, tracción indirecta y flexión según las normas técnicas peruanas; estas resistencias se midieron a 7, 14 y 28 días para la mezcla patrón y para las mezclas experimentales con 5, 10 y 15% de sustitución al cemento con ladrillo de arcilla pulverizado.

2.6 Aspectos éticos.

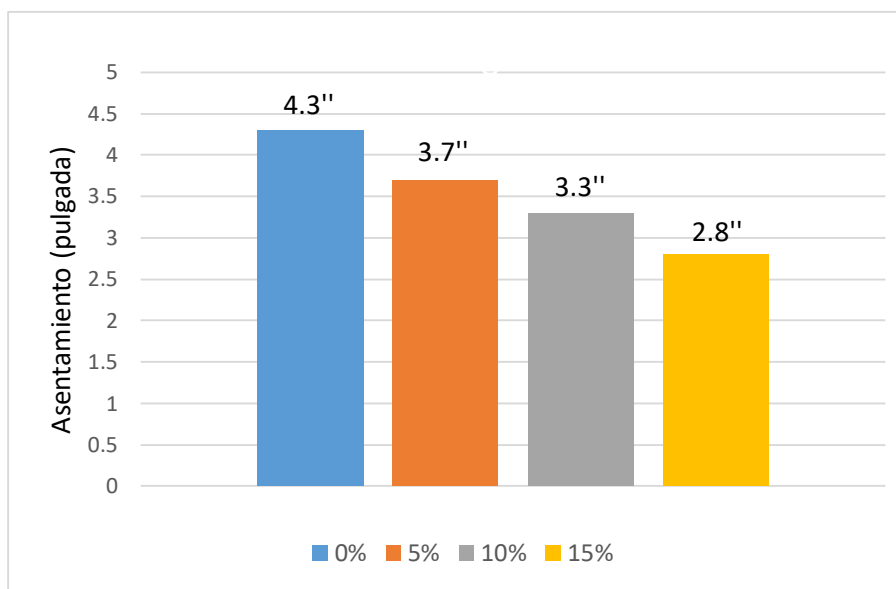
La credibilidad de la información se sustenta al realizarse un estudio basado en las muestras reales descritas en esta investigación, además se tiene el debido respeto por la propiedad intelectual y responsabilidad social.

III. RESULTADOS.

Los resultados obtenidos en laboratorio constan de los ensayos físicos como el asentamiento y la densidad, ensayos químicos del agua para medir el pH, las cantidades de cloruros y sulfatos existentes en la muestra, la composición química del ladrillo de arcilla pulverizado y la resistencia al ataque de sulfatos de los agregados; y los ensayos mecánicos que constan de ensayos de rotura de especímenes de concreto ensayados a compresión, tracción indirecta y flexión; dichos estudios buscan comparar el comportamiento del concreto con diferentes porcentajes de sustitución, para verificar la cantidad óptima a usar para concreto convencional con sustitución a un porcentaje de cemento determinado.

3.1. Propiedades físicas del concreto con mezcla patrón y con la mezcla con sustitución al cemento con ladrillo de arcilla pulverizado al 5%, 10% y 15%.

Gráfico N° 01. Asentamiento (*slump*) de la mezcla patrón y con 5, 10 y 15% de sustitución al cemento con ladrillo de arcilla pulverizado.



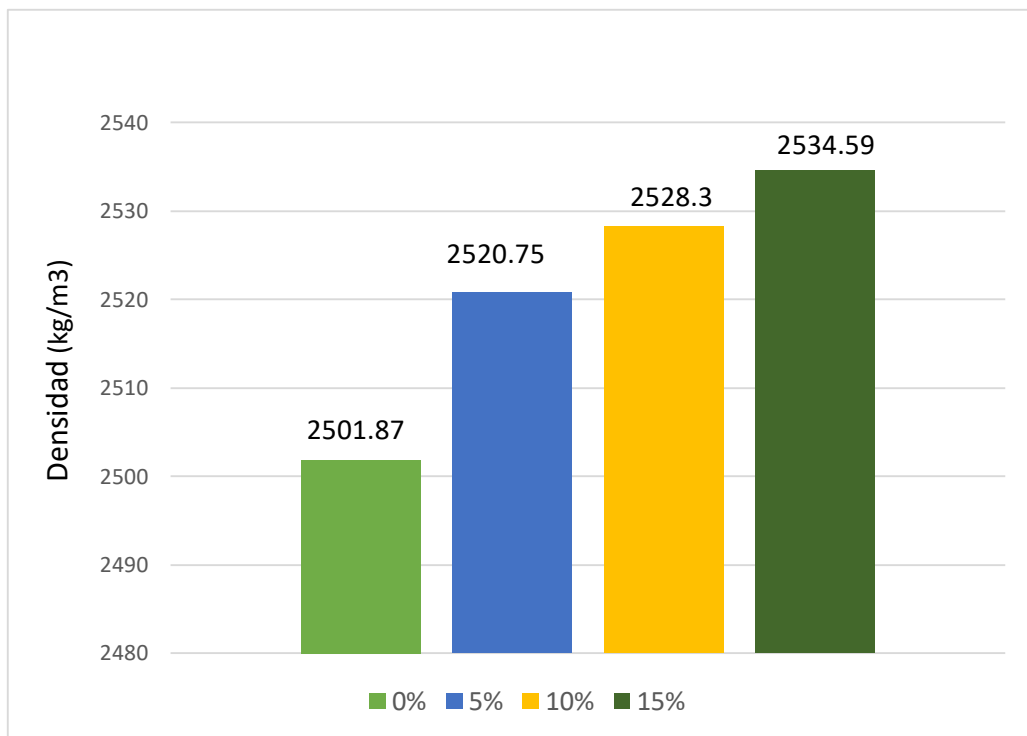
Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En el Gráfico N° 01, se observa el asentamiento de la mezcla patrón y mezclas con 5%, 10% y 15% de sustitución al cemento con ladrillo de arcilla pulverizado; siendo el asentamiento de 4.3" para la mezcla patrón, 3.7" para la mezcla con 5% de sustitución, 3.3" para la mezcla con 10% de sustitución y 2.8" para la mezcla con 15% de sustitución.

En consideración de la validez de los datos observados, es factible afirmar que, la consistencia del concreto obtenido con la sustitución del cemento por el ladrillo de arcilla pulverizado, se incrementan a un nivel plástico (50 – 100 mm), siendo que, con la mezcla patrón, esta es húmeda (100 – 150 mm). Es preciso indicar que, el concreto obtenido con la sustitución del cemento por el ladrillo de arcilla pulverizado, es adecuado para construcciones de tipo pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas y cimentaciones; siendo necesario un sistema

de colocación de tipo manual y un sistema de compactación en base a secciones simplemente reforzadas con vibración; entre tanto que, el concreto sin sustitución es adecuado para elementos estructurales esbeltos o muy reforzados, debiendo hacer uso de un sistema de colocación de tipo bombeo y un sistema de compactación en base a secciones bastante reforzadas con vibración.

Gráfico N° 02. Densidad de la mezcla patrón y mezclas con 5, 10 y 15% de sustitución al cemento con ladrillo de arcilla pulverizado.



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En el Gráfico n° 02, se compara las densidades de mezcla con diferente porcentaje de sustitución, siendo 2501.87kg/m³ la mezcla patrón, 2520.75kg/m³ la mezcla con 5% de sustitución, 2528.3kg/m³ la mezcla de 10% de sustitución y 2534.59kg/m³ la mezcla de 15% de sustitución.

En el gráfico se observa que la densidad es directamente proporcional al porcentaje de sustitución.

3.2. Propiedades químicas del ladrillo de arcilla pulverizado, la durabilidad de los agregados y las características del agua usada en la mezcla.

Tabla N°03. Porcentaje de compuestos químicos existentes en la muestra de ladrillo de arcilla pulverizado.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	
Color	MARRÓN	
PH	5.23	
ANÁLISIS QUÍMICOS		
DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADOS
SiO ₂	%	48.8
Al ₂ O ₃	%	18.1
Fe ₂ O ₃	%	0.76
MgO	%	0.27
CaO	%	0.22
K ₂ O	%	1.92
Na ₂ O	%	0.10
Pérdida por calcinación	%	10.21

Fuente: LASACI de la Universidad Nacional de Trujillo.

Interpretación: La tabla N°03 muestra los porcentajes de compuestos existentes en el ladrillo de arcilla pulverizado con pH de 5.23. Dichos compuestos corresponden a la clase N de puzolanas según el ASTM. Siendo factible destacar que los principales óxidos requeridos para lograr la obtención de nuevos compuestos hidráulicos estables (producto de la combinación gradual de dichos óxidos con la cal liberada en la hidratación de los cementos), se aproximan al requerimiento mínimo de la norma de 70%, siendo que la suma de la Sílice amorfa (SiO₂), más la alúmina (Al₂O₃) y el óxido de hierro (Fe₂O₃) es de 67,66%. Así mismo la pérdida por calcinación (10,21%), apenas supera el máximo requerido por la norma (10%).

Tabla N° 04. Determinación de cloruros, pH y sulfatos en el agua usada para la mezcla de concreto.

ENSAYOS	MUESTRA
	Laboratorio de Suelos UCV
Cloruros (mg/L)	75
(**) pH	7,10
(*) Sulfatos (mg/L)	68

Fuente: Laboratorio COLECBI.

Interpretación: La tabla N° 04, muestra la cantidad de cloruro en el agua que es 75mg/l, el valor ph es de 7.10 y los sulfatos 68mg/l. los valores pertenecen a la muestra del agua potable del laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo.

Tabla N° 05. Durabilidad del agregado fino al ataque de sulfato de magnesio, según NTP 400.016.

Tamaño	Peso requerido (gr)	Peso inicial (gr)	Peso final (gr)	Pérdida de Peso (gr)	Pérdida de Peso (%)	Gradación original (%)	Pérdida Corregida (%)
3/8 a N°4	100					2.3	
N°4 a N°8	100	100	93.5	6.5	6.50	12.4	0.809
N°8 a N°16	100	100	94.4	5.6	5.60	29.0	1.622
N°16 a N°30	100	100	91.7	8.3	8.30	19.7	1.637
N°30 a N°50	100	100	91.8	8.2	8.20	16.0	1.314
N°50 a N°100							
Pasan N°100							
TOTALES						79.4	5.38%

Fuente: Laboratorio GEOMG SAC.

Interpretación: La tabla N°05 determina el desgaste del agregado fino al ataque de sulfato de magnesio, siendo la perdida por sulfato de 5.38%, lo cual es óptimo, ya que el máximo valor es de 15%.

Tabla N°06. Durabilidad del agregado grueso al ataque de sulfato de magnesio, según NTP 400.016.

N°	Tamaño	%	Peso Requerido (gr)	Peso inicial (gr)	Peso final (gr)	Pérdida de peso (gr)	Pérdida de peso (%)	Gradación original (%)	Pérdida Corregida (%)
1	2 ½" a 1 ½"		5000 ← 300						
	2 ½" a 2"	60	3000 ← 300						
	2" a 1 ½"	40	2000 ← 200						
2	1 ½" a ¾"		1500 ← 50						
	1 ½" a 1"	67	1000 ← 50					0.5	
	1" a ¾"	33	500 ← 30					2.8	
3	¾" a ⅜"		1000 ← 10						
	¾" a ½"	67	670 ← 10	670.3	555.9	114.4	17.07	38.2	6.516
	½" a ⅜"	33	330 ← 5	330.1	322.9	7.2	2.18	22.3	0.487
4	⅜" a N°4		300 ← 5	300.4	297.8	2.6	0.87	33.7	0.291
TOTALES								97.4	7.29%

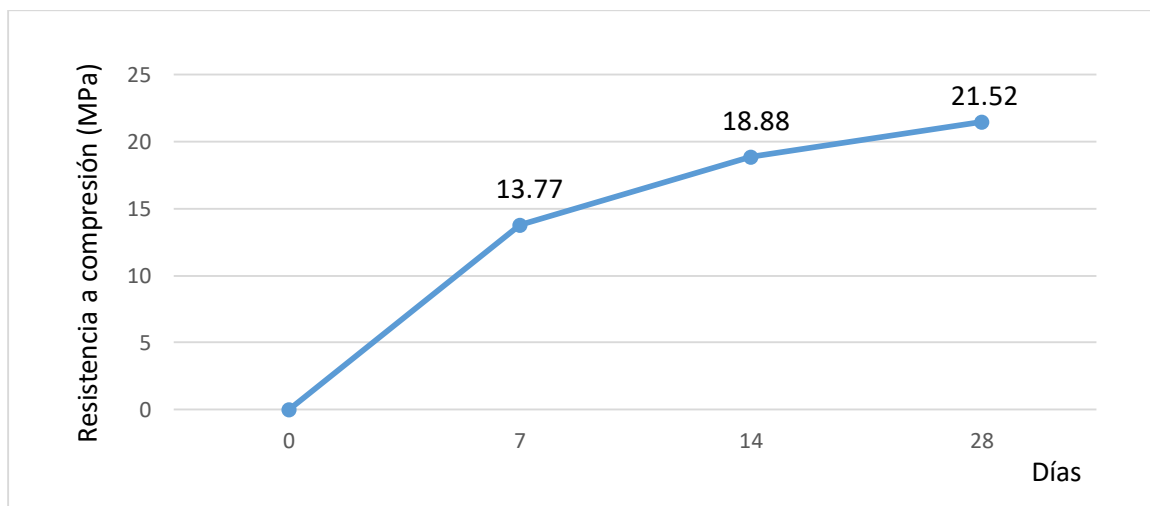
Fuente: Laboratorio GEOMG SAC.

Interpretación: La tabla N°06 determina el desgaste del agregado grueso al ataque de sulfato de magnesio, siendo la pérdida por sulfato de 7.29%, lo cual es óptimo, ya que el máximo valor es de 15%.

3.3. Propiedades mecánicas del concreto con mezcla patrón y con la mezcla con sustitución al cemento con ladrillo de arcilla pulverizado al 5%, 10% y 15%.

3.3.1. Mezcla patrón.

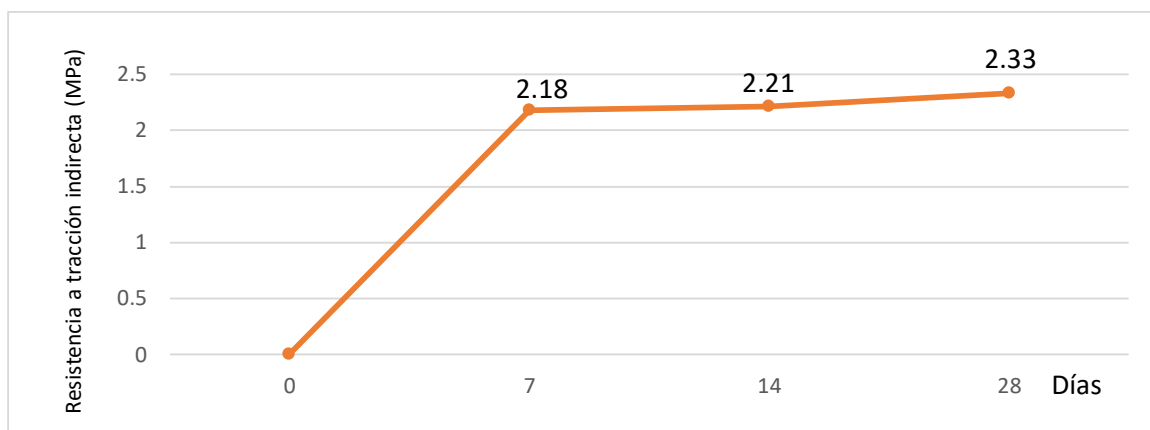
Gráfico N°03. Evolución de la resistencia a la compresión de mezcla patrón.



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En el gráfico N°03 se describe la evolución de la resistencia a la compresión a 7, 14 y 28 días del concreto con mezcla patrón, siendo 13.77MPa la resistencia a 7 días, 18.88MPa a 14 días y 21.52MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 probetas. La resistencia a los 7 días es de 67%, la de 14 días 92% y la de 28 días 104%, dichas resistencias están dentro de los parámetros de la norma. El tipo de falla más frecuente es la falla tipo cono (a); seguido de la falla tipo cono y hendedura (b) y tipo corte (d), (Ver Anexo).

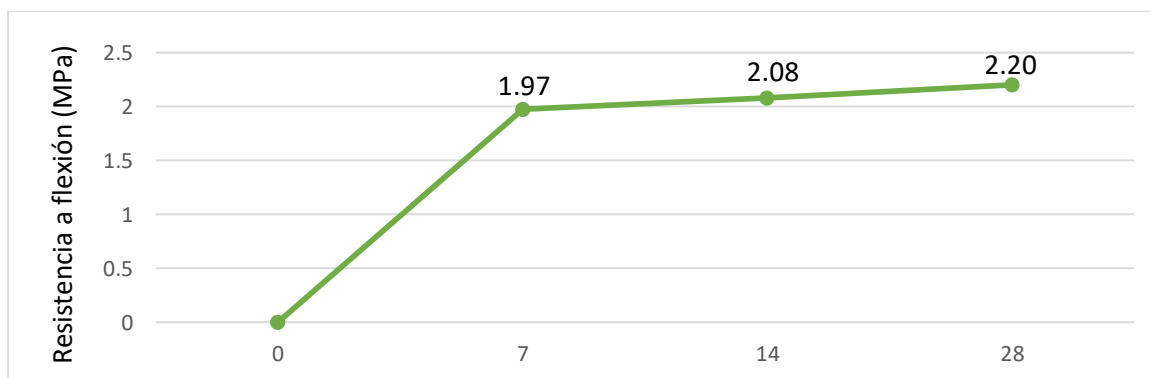
Gráfico N° 04. Evolución de la resistencia a la tracción indirecta de mezcla patrón.



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En el gráfico N°04 se describe la evolución de la resistencia a la tracción indirecta a 7, 14 y 28 días del concreto con mezcla patrón, siendo 2.18MPa la resistencia a 7 días, 2.21MPa a 14 días y 2.33 MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 probetas. La resistencia a los 28 días es 113%.

Gráfico N° 05. Evolución de la resistencia a la flexión de mezcla patrón.

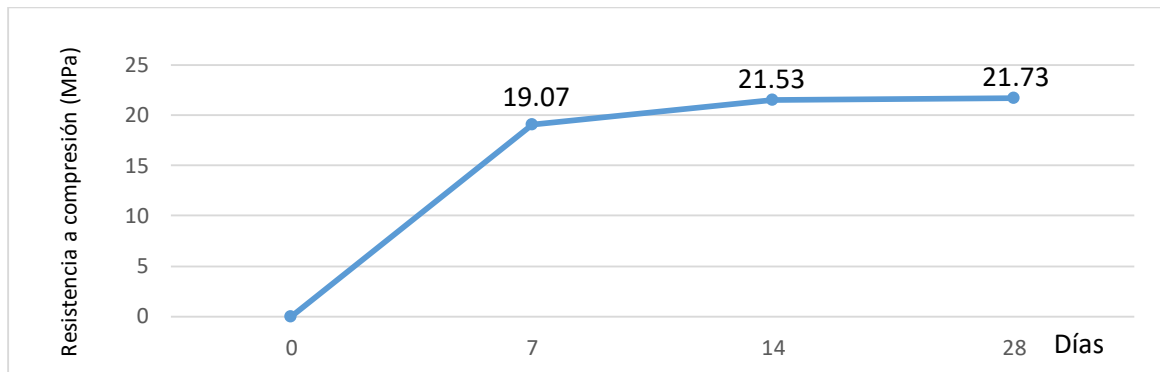


Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En el gráfico N°05 se describe la evolución de la resistencia a la flexión a 7, 14 y 28 días del concreto con mezcla patrón, siendo 1.97MPa la resistencia a 7 días, 2.08MPa a 14 días y 2.20 MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 viguetas. La resistencia a los 28 días es 107%. Todas las viguetas fallaron en el tercio medio de la luz libre.

3.3.2. Mezcla con 5% de sustitución al cemento con ladrillo de arcilla pulverizado.

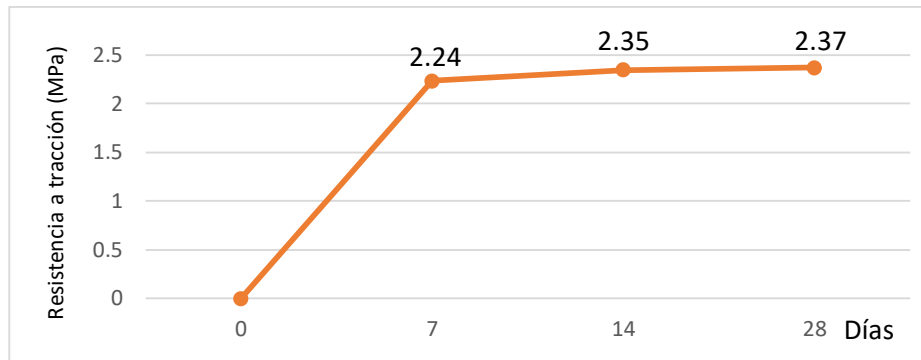
Gráfico N°06. Evolución de la resistencia a la compresión de mezcla con 5% de sustitución al cemento.



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En el gráfico N°06 se describe la evolución de la resistencia a la compresión a 7, 14 y 28 días del concreto con 5% de sustitución al cemento, siendo 19.07MPa la resistencia a 7 días, 21.53MPa a 14 días y 21.73MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 probetas. La resistencia a los 7 días es de 92%, la de 14 días 104% y la de 28 días 105%, dichas resistencias están dentro de los parámetros de la norma. El tipo de falla más frecuente es la falla tipo cono (a); seguido de la falla tipo cono y hendedura (b). (Ver anexo).

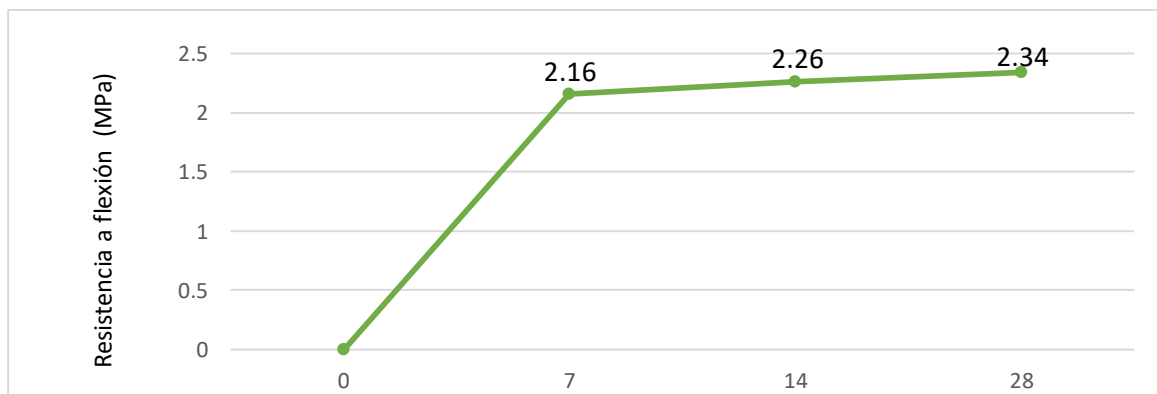
Gráfico N°07. Evolución de la resistencia a tracción indirecta de mezcla con 5% de sustitución al cemento.



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En el gráfico N°07 se describe la evolución de la resistencia a la tracción indirecta a 7, 14 y 28 días del concreto con mezcla a 5% de sustitución, siendo 2.24MPa la resistencia a 7 días, 2.35MPa a 14 días y 2.37 MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 probetas. La resistencia a los 28 días es 115%.

Gráfico N°08. Evolución de la resistencia a flexión de mezcla con 5% de sustitución al cemento.

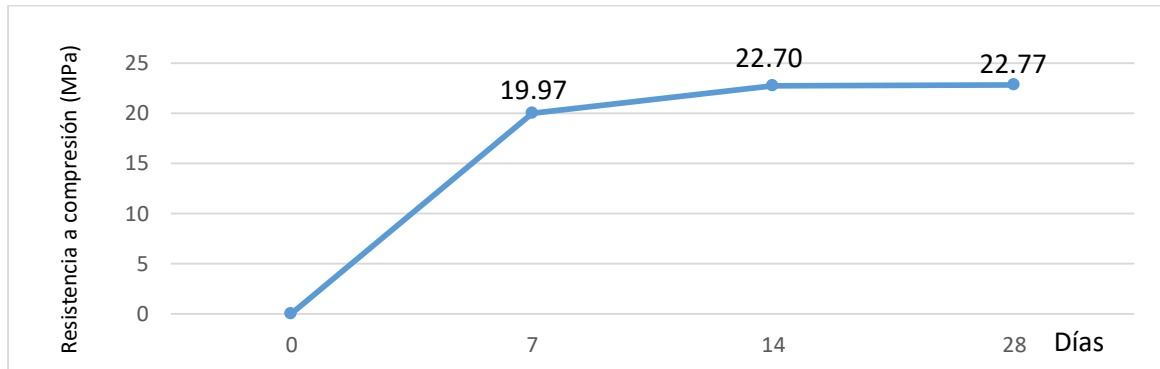


Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En el gráfico N°08 se describe la evolución de la resistencia a la flexión a 7, 14 y 28 días del concreto con 5% de sustitución, siendo 2.16MPa la resistencia a 7 días, 2.26MPa a 14 días y 2.34 MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 viguetas. La resistencia a los 28 días es 107%. Todas las viguetas fallaron en el tercio medio de la luz libre.

3.3.3. Mezcla con 10% de sustitución al cemento con ladrillo de arcilla pulverizado.

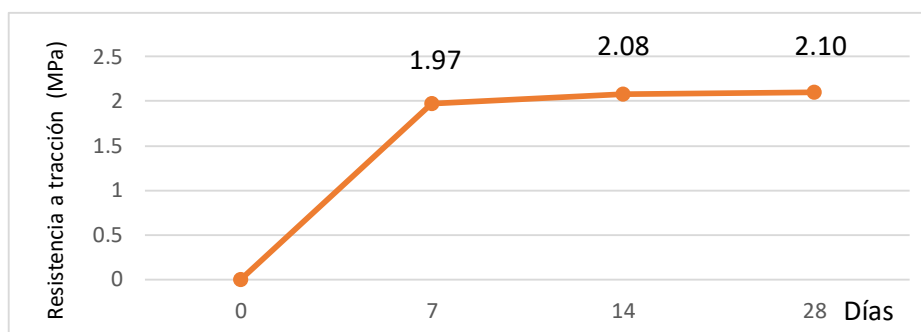
Gráfico N°09. Evolución de la resistencia a la compresión de mezcla con 10% de sustitución al cemento.



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En el gráfico N°09 se describe la evolución de la resistencia a la compresión a 7, 14 y 28 días del concreto con 10% de sustitución al cemento, siendo 19.97MPa la resistencia a 7 días, 22.70MPa a 14 días y 22.77MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 probetas. La resistencia a los 7 días es de 96%, la de 14 días 110% y la de 28 días 110.5%. El tipo de falla más frecuente es la falla tipo cono (a); seguido de la falla tipo cono(c), Ver anexo.

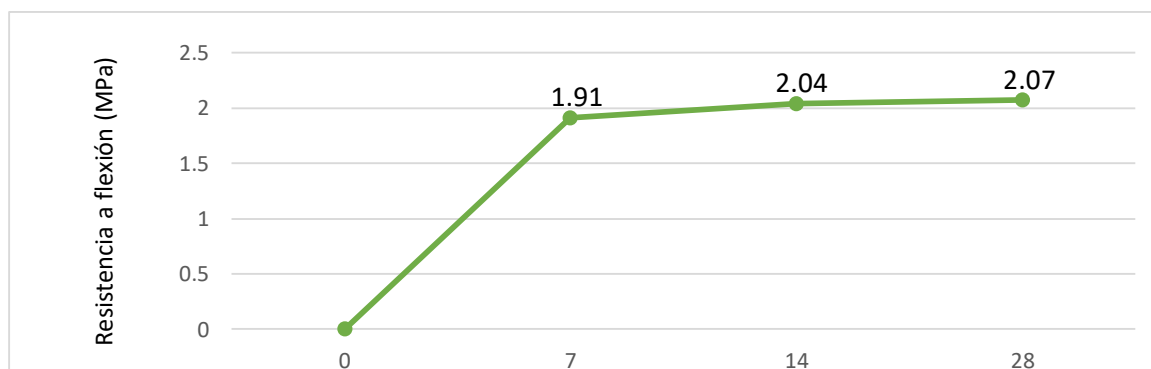
Gráfico N°10. Evolución de la resistencia a tracción indirecta de mezcla con 10% de sustitución al cemento.



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En el gráfico N°10 se describe la evolución de la resistencia a la tracción indirecta a 7, 14 y 28 días del concreto con 10% de sustitución, siendo 1.97MPa la resistencia a 7 días, 2.08MPa a 14 días y 2.10 MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 probetas. La resistencia a los 28 días es 101.9%.

Gráfico N°11. Evolución de la resistencia a flexión de mezcla con 10% de sustitución al cemento.



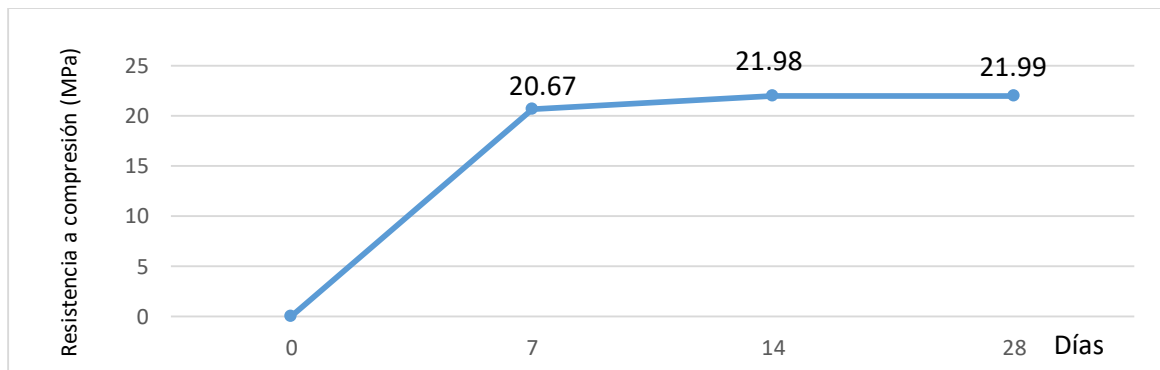
Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En el gráfico N°11 se describe la evolución de la resistencia a la flexión a 7, 14 y 28 días del concreto con 10% de sustitución, siendo 1.91MPa la resistencia a 7 días, 2.04MPa a 14 días y 2.07 MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 viguetas. La resistencia

a los 28 días es 100.5%. Todas las viguetas fallaron en el tercio medio de la luz libre.

3.3.4. Mezcla con 15% de sustitución al cemento con ladrillo de arcilla pulverizado.

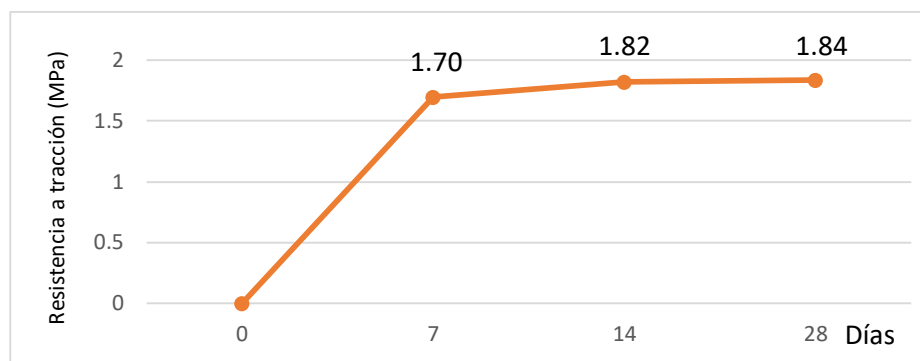
Gráfico N°12. Evolución de la resistencia a la compresión de mezcla con 15% de sustitución al cemento.



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En el gráfico N°12 se describe la evolución de la resistencia a la compresión a 7, 14 y 28 días del concreto con 15% de sustitución al cemento, siendo 20.67MPa la resistencia a 7 días, 21.98MPa a 14 días y 21.99MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 probetas. La resistencia a los 7 días es de 100.3%, la de 14 días 106% y la de 28 días 107%.El tipo de falla más frecuente es la falla tipo cono (a); seguido de la falla tipo cono y hendedura (b) y tipo corte (d),(Ver Anexo).

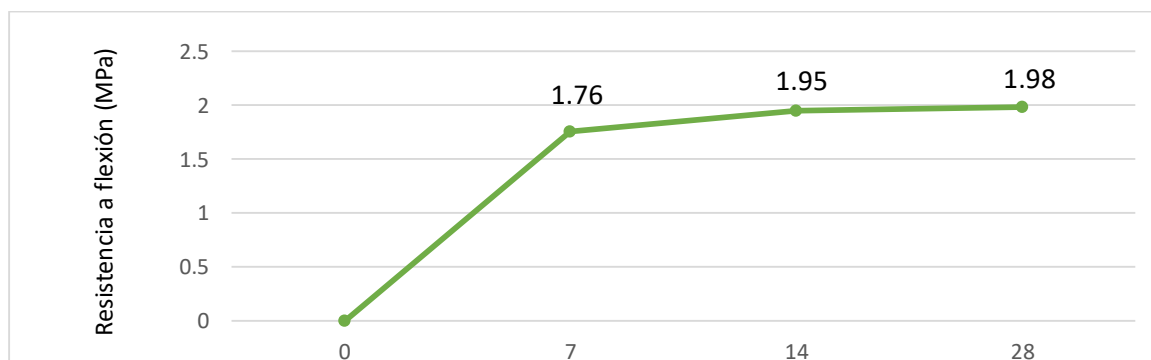
Gráfico N°13. Evolución de la resistencia a tracción indirecta de mezcla con 15% de sustitución al cemento.



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En el gráfico N°13 se describe la evolución de la resistencia a la tracción indirecta a 7, 14 y 28 días del concreto con 15% de sustitución, siendo 1.70MPa la resistencia a 7 días, 1.82MPa a 14 días y 1.84MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 probetas. La resistencia a los 28 días es 89%.

Gráfico N°14. Evolución de la resistencia a flexión de mezcla con 15% de sustitución al cemento.

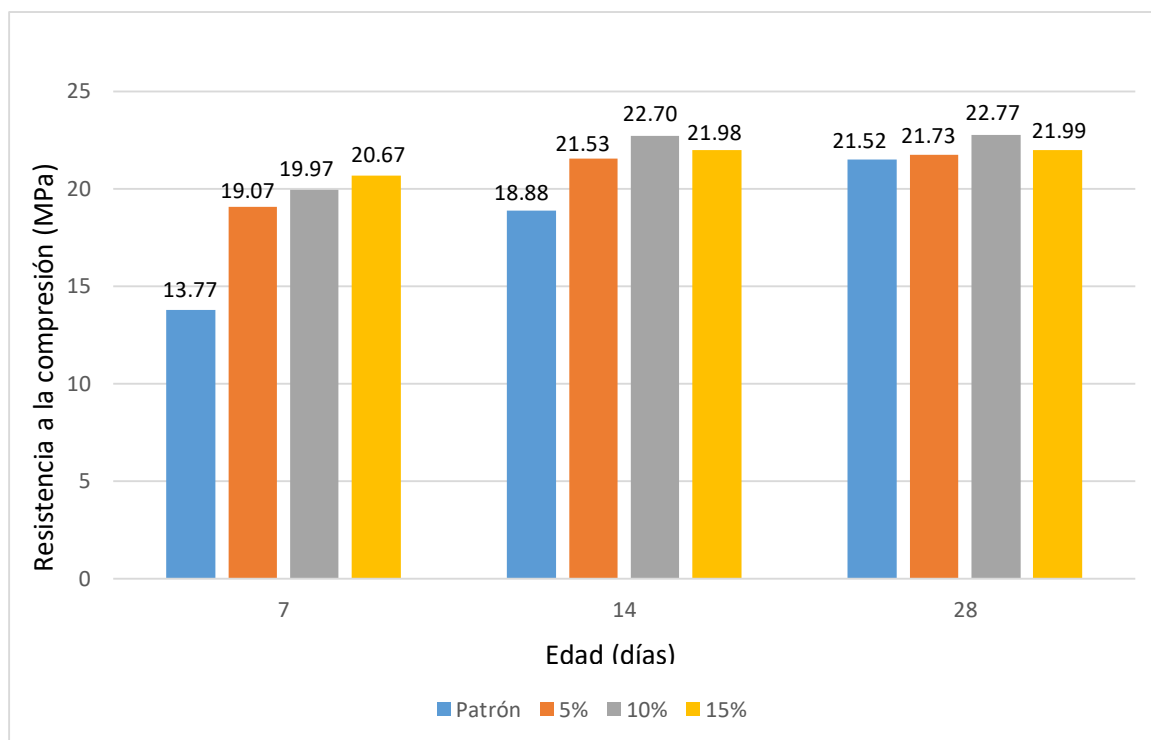


Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En el gráfico N°14 se describe la evolución de la resistencia a la flexión a 7, 14 y 28 días del concreto con 15% de sustitución, siendo 1.76MPa la resistencia a 7 días, 1.95MPa a 14 días y 1.98MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 viguetas. La resistencia a los 28 días es 96%. Todas las viguetas fallaron en el tercio medio de la luz libre.

3.3.5. Comparación de ensayos mecánicos de mezcla patrón y mezclas con 5, 10 y 15% de sustitución al cemento.

Gráfico N°15. Comparación de resistencia a la compresión.

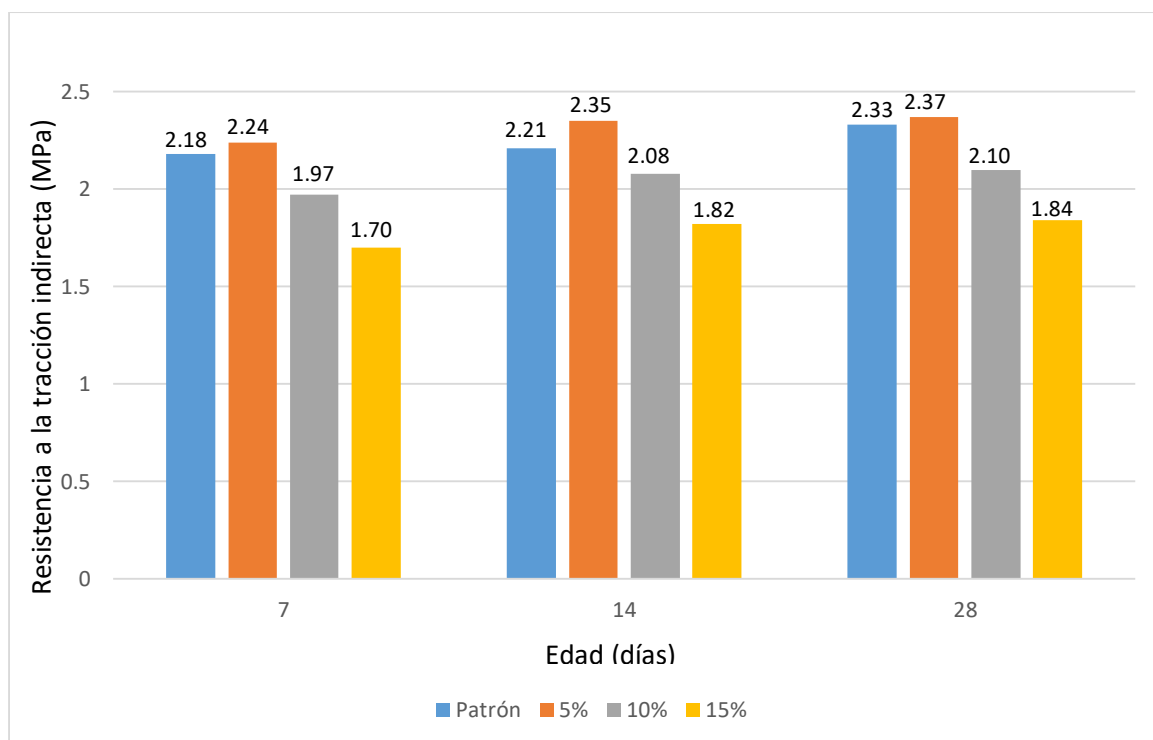


Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En el gráfico N°15 se muestra la comparación de las resistencias a compresión a los 7, 14 y 28 días de los cuatro grupos de mezcla, siendo a los 28 días 21.52MPa la resistencia de la mezcla patrón, 21.73MPa con 5% de sustitución, 22.77MPa con 10% de sustitución y 21.99MPa con 15% de sustitución. La resistencia a compresión asciende a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución, pero este disminuye en la mezcla con 15% de sustitución.

Así mismo se puede observar que la sustitución de cemento por ladrillo de arcilla pulverizado, desarrolla resistencias elevadas a edades tempranas en comparación con la mezcla patrón, como respuesta de la combinación gradual entre los óxidos ácidos (e inclusive el óxido de hierro) con la cal liberada como resultado de la hidratación de los silicatos del cemento.

Gráfico N°16. Comparación de resistencia a tracción indirecta

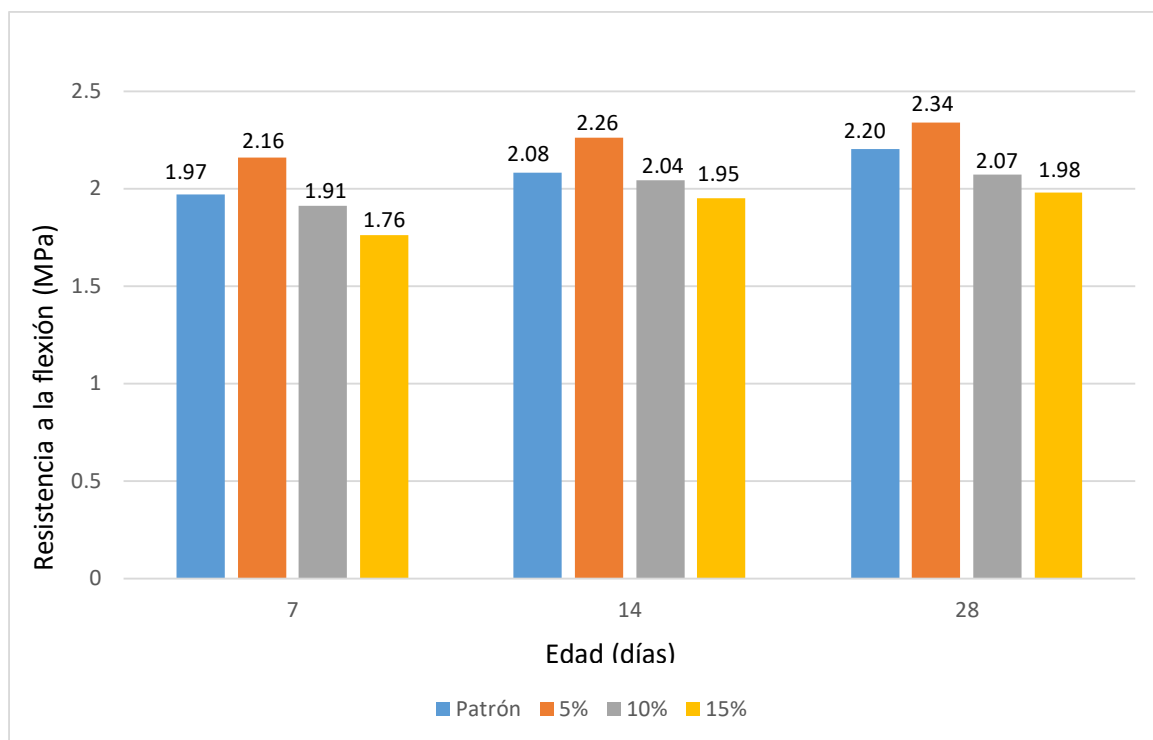


Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En el gráfico N°16 se muestra la comparación de las resistencias a tracción indirecta a los 7, 14 y 28 días de los cuatro grupos de mezcla, siendo a los 28 días 2.33MPa la resistencia de la mezcla patrón, 2.37MPa con 5% de sustitución, 2.10MPa con 10% de sustitución y 1.84MPa con 15% de sustitución. La mezcla con 5% de sustitución alcanzó la mayor resistencia de todos los grupos, dicha resistencia decae a partir de la mezcla con 10% de sustitución, siendo la mezcla con 15% de sustitución el de menor resistencia a tracción.

También se evidencia que la resistencia a la tracción indirecta es mayor al 5% de sustitución, además se observa que la resistencia disminuye conforme se incrementa la sustitución, disminuyendo notablemente al 15% de sustitución; no obstante a lo anterior, es de resaltar que, la resistencia alcanzada al 5% de sustitución difiere significativamente de la alcanzado con sustituciones del 10% y 15%, por lo que se podría afirmar que evidentemente se logra mejorar la resistencia al 5%, así mismo a diferencia de las otras sustituciones, la resistencia a la tracción indirecta cumple con el porcentaje mínimo del 10% respecto de la compresión. De otro lado, al igual como sucede con la resistencia a la compresión, es de observar que, estas diferencias mantienen el comportamiento en el tiempo.

Gráfico N°17. Comparación de resistencia a flexión.



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En el gráfico N°17 se muestra la comparación de las resistencias a flexión a 7, 14 y 28 días de los cuatro grupos de mezcla, siendo a los 28 días 2.20MPa la resistencia de la mezcla patrón, 2.34MPa con 5% de sustitución, 2.07MPa con 10% de sustitución y 1.98MPa con 15% de sustitución.

Además se evidencia que la resistencia a la flexión se incrementa al 5% de sustitución; disminuyendo dicha resistencia conforme se incrementa la sustitución; no obstante a lo anterior, es de resaltar que, la resistencia alcanzada al 5% de sustitución difiere significativamente de la alcanzado con sustituciones del 10% y 15%, por lo que se corrobora aún más que, evidentemente se logra mejorar la resistencia a la flexión con dicho porcentaje de sustitución (5%), así mismo a diferencia de las otras sustituciones, la resistencia a la flexión cumple con el porcentaje mínimo del 10% respecto de la compresión. De otro lado, al igual como sucede con la resistencia a la compresión y la tracción indirecta, es de observar que, estas diferencias mantienen el comportamiento en el tiempo.

IV. DISCUSIÓN.

Los resultados antes descritos han evidenciado que, el material puzolánico obtenido del ladrillo de arcilla pulverizado, mejora las propiedades mecánicas del concreto, al 10% de sustitución del cemento para el caso de la resistencia a la compresión (Tabla n° 07 y 08 y Gráfico n° 15) y al 5% de sustitución del cemento para el caso de la resistencia a la tracción indirecta (Tabla n° 09 y 10 y Gráfico n° 16) y flexión (Tabla n° 11 y 12 y Gráfico n° 17), así mismo esta se ve mejorada en función del tiempo, para el caso del estudio, alcanzando la máxima resistencia a los 28 días.

De forma general, los resultados se explicarían por la existencia del material cementante existente en el ladrillo de arcilla pulverizado, cabe precisar el metacaolín, y que de acuerdo con Castillo et al. (2010), este ha sido el resultado de la calcinación (estando la temperatura optima de cocción entre 630 °C a 800 °C), lo que da lugar a la deshidroxilación de los minerales arcillosos. Específicamente, de acuerdo con Singh & Garg (2006), dentro del material antes descrito es factible encontrar a la sílice amorfa (SiO_2) y la alúmina (Al_2O_3), y que al reaccionar con el hidróxido de calcio producido en la hidratación del cemento dan lugar a la formación del silicato de calcio hidratado (CSH) y aluminato de calcio hidratado (C_4AH_{13}), dichos compuestos serían los que generarían la alta resistencia; aspecto que también es sustentado por Sha y Pereira (2001).

Específicamente en cuanto a las propiedades físicas se refiere, los resultados evidencian que a mayor sustitución del cemento por el ladrillo de arcilla pulverizado, mayor densidad o compacidad (Gráfico N° 01 y 02), siendo esto concordante con lo afirmado por Instituto Mexicano del cemento y del concreto (2004). El resultado se explicaría según Restrepo, Restrepo y Tobón (2006), puesto que, en términos generales, el material puzolánico presenta un efecto en la disminución del calor de hidratación debido a que tiene un menor porcentaje de los compuestos responsables de la elevación de la temperatura durante el fraguado del cemento, lo que implica una menor formación de capilares y por ende una mayor densidad y compacidad; de otro lado, al existir mayor volumen de las partículas finamente

divididas, el contenido de aire se reduce en el concreto, por lo que las partículas se acomodan en los espacios vacíos, aumentando la masa por cantidad de volumen.

En lo que respecta al resultado de la resistencia a la compresión debe ser según diseño $210\text{kg/cm}^2 = 20.6\text{MPa}$ por lo que todas las resistencias a 28 días han superado lo óptimo (Tabla N° 08 y Gráfico N° 15). Los resultados han evidenciado que, la densidad máxima se alcanza al 15% (Gráfico N° 02), pero con este mismo porcentaje la resistencia a compresión disminuye en comparación de 10%. Al respecto los resultados se explicarían, dado que, las partículas de ladrillo de arcilla pulverizado se integran de forma "homogénea" en la mezcla ocupando espacios vacíos de menores tamaños, ayudando a la compacidad y esto repercute en la densidad, siendo esta, un factor muy importante en la resistencia a compresión (la adherencia entre partículas es también importante ya que el concreto falla por ese motivo).

En consideración del comportamiento de la densidad, siendo esta directamente proporcional a la compacidad, dada la cantidad de partículas finamente divididas (producto del material cementante), los resultados evidentemente revelan que la resistencia a la flexión, solo se incrementa con una sustitución al 5% (Tabla N° 12 y Gráfico N° 17); similar comportamiento se observa en la resistencia a la tracción indirecta, aun cuando no difiere significativamente de la mezcla patrón, (Tabla N° 10 y Gráfico N° 15), viéndose afectada cuando la sustitución del ladrillo de arcilla pulverizado se incrementa al 10% y 15%; así mismo, el resultado de incremento de ambas resistencias es contundente con la sustitución al 5% (a diferencia de las sustituciones al 10% y 15%), dado que, cumplen con el porcentaje mínimo del 10% respecto de la compresión, lo cual es concordante con Ávila (2015).

Como bien se sustentó en la introducción de la presente discusión; los resultados antes presentados se explicarían, dada las características químicas del ladrillo de arcilla pulverizado, del agua y de los agregados que conformaron la mezcla; siendo que, respecto del primero, los compuestos se aproximan al requerimiento mínimo de la norma de 70% (según lo afirmado por ASTM Internacional (2014)), siendo que la suma de la Sílice amorfa (SiO_2), más la alúmina (Al_2O_3) y el óxido de hierro

(Fe_2O_3) es de 67,66% (Tabla N° 03); así mismo la pérdida por calcinación (10,21%), apenas supera el máximo requerido por la norma (10%); de otro lado, los resultados evidencian que, la cantidad de cloruro en el agua es 75mg/l, el valor pH es de 7.10 (al haberse usado agua potable) y los sulfatos 68mg/l (Tabla N° 04), siendo óptimos los valores en concordancia con lo sostenido por Rivera (s.f.), quien sostiene que, el cloruro no debe superar 0,5 g/L y el pH debe estar 6 y 8 niveles de concentración de iones de hidrógeno, así mismo el sulfato no debe superar 1 g/L; así mismo respecto de los agregados, se evidencia que, el desgaste del agregado fino al ataque de sulfato de magnesio, dada la pérdida por sulfato de 5.38% (Tabla N° 05), está dentro de lo óptimo, ya que el máximo valor es de 15%; lo mismo sucede con el desgaste del agregado grueso al ataque de sulfato de magnesio, siendo la pérdida por sulfato de 7.29% (Tabla N° 06), ya que el máximo valor es de 15%.

Por último, de lo afirmado por Imcyc (2006), quien sostiene que “Los estudios han demostrado que los cementos que contienen potencialmente menos hidróxido de calcio en la hidratación se comportan bien en exposición de sulfatos” (p, 46) y en consideración de lo sostenido por Sha y Pereira (2001) respecto de la reacción entre la hidratación del cemento con la sílice amorfa de las puzolanas (como es el caso del metacaolín), lo que genera la reducción del hidróxido de calcio, es factible afirmar que, el material puzolánico mejora las propiedades químicas del concreto, más aun cuando la sustitución del cemento está dentro del parámetro entre el 5% y 25% (siendo esto concordante con lo observado por Ramlochan y Thomas (2000), citado por Rafik et al. (2010).

V. CONCLUSIONES.

Las propiedades físicas, se ven mejoradas con el uso del ladrillo de arcilla pulverizado, verificándose que la consistencia pasa de húmeda a plástica, lo que se traduce en mejoras de la manejabilidad, así mismo se ve incrementada la compacidad (la cantidad de partículas finamente divididas por unidad volumétrica), lo que tiene relación directa con la densidad.

Las propiedades químicas del ladrillo de arcilla pulverizado evidencian que los principales óxidos ácidos, tales como la Sílice amorfa (SiO_2), más la alúmina (Al_2O_3), incluido el óxido de hierro (Fe_2O_3) representan el 67,66%, estando muy cerca al mínimo requerido por norma (70%); así mismo la pérdida por calcinación (10,21%), apenas supera el máximo requerido por la norma (10%); de otro lado los parámetros del análisis químico a los agregados finos y gruesos evidencia que la desintegración del agregado fino por ataque de sulfato de magnesio, dada la pérdida por desintegración por sulfato 5.38% está dentro de lo óptimo; lo mismo sucede con la desintegración del agregado grueso, siendo la pérdida por desintegración por ataque de sulfato de 7.29%, siendo en ambos casos el máximo valor de 15%. De otro lado, dado que, el agua usada fue potable, el pH fue de 7.1, las concentraciones de cloruro y sulfato fueron de 75mg/l y 68mg/l respectivamente, estando dichos parámetros dentro de lo aceptable.

Las propiedades mecánicas del concreto, se ven mejoradas al 5% de sustitución del cemento por el ladrillo de arcilla pulverizado; así mismo esta aumenta en función del tiempo, para el caso del estudio, alcanzando la máxima resistencia a los 28 días. Lo anterior, se explica, dada la existencia del material cementante existente en el ladrillo de arcilla pulverizado, cabe precisar el metacaolín, como resultado de la calcinación (estando la temperatura óptima de cocción entre 630 °C a 800 °C), lo que da lugar a la deshidroxilación de los minerales arcillosos; siendo que, dentro del mencionado material es factible encontrar a la sílice amorfa (SiO_2) y la alúmina (Al_2O_3), las mismas que reaccionan con el hidróxido de calcio producido en la hidratación del cemento, lo que da lugar a la formación del silicato de calcio hidratado (CSH) y aluminato de calcio hidratado (C_4AH_{13}), siendo dichos compuestos los que generarían la alta resistencia.

VI. RECOMENDACIONES.

Se recomienda al sector construcción hacer uso de 5% de sustitución al cemento con ladrillo de arcilla pulverizado, debido a su óptimo desempeño en el presente estudio, dado sus componentes químicos, se obtendría una mejora significativa en las propiedades físicas y mecánicas; debiendo tenerse en cuenta el uso, según las propiedades mecánicas requeridas para el tipo de construcción.

Se recomienda a los futuros investigadores determinar y comparar las propiedades del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ utilizando otros porcentajes de sustituciones, para evaluar el comportamiento de sus propiedades.

Se recomienda a los futuros investigadores realizar estudios para concretos con sustituciones al cemento por ladrillo de arcilla pulverizado empleando aditivos que modifiquen las propiedades físicas y mecánicas de un concreto a fin de evaluar sus propiedades físicas y mecánicas.

Se recomienda a las entidades privadas y públicas el uso de este tipo de concreto a fin de reutilizar el ladrillo de arcilla pulverizado presente en escombros de los residuos de construcción y demolición, y mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

Se recomienda a los futuros investigadores que, para un mejor control del material puzolánico obtenido de residuos como del ladrillo de arcilla pulverizado, es necesario considerar la procedencia de la fábrica, a fin de garantizar los parámetros de cocción y se garantice el proceso de deshidroxilación de los minerales arcillosos, obteniéndose así la formación del metacaolín.

Se recomienda a los futuros investigadores realizar una comparación de costos entre el uso de un concreto convencional y un concreto con sustitución de ladrillo de arcilla pulverizado.

VII. REFERENCIAS.

ASTM International (Estados Unidos). ASTM C618 – 15: Especificación normalizada para Ceniza Volante de Carbón y Pozolana Natural en Crudo o Calcinada para Uso en Concreto. Pensilvania: 2003.

ASTM International. Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete. C618 – 12a. United States: 2014, 5 pp.

ÁVILA, A. M. (2015). UF0309: Análisis de proyectos de construcción. España: Elearning S.L.
ISBN: 9788416424818.

CAGIAO, Juan, *et al.* Huella ecológica del cemento [en línea]. 1ra ed. España: Fundación de la Ingeniería Civil de Galicia, 2010 [fecha de consulta: 12 de septiembre de 2017].

Disponible en:

http://www.lis.edu.es/uploads/640bc719_c071_46e4_86fc_8632bc5b6c0c.pdf

ISBN: 978-84-651-0034-5

CASTILLO, Rancés, *et al.* Activación de arcillas de bajo grado a altas temperaturas. Artículo. Cuba: Universidad Central de las Villas, Santa Clara, 2010. [Fecha de consulta: 15 de Mayo del 2018].

Disponible en:

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v25n3/art01.pdf>

Cemento y concreto resistentes a sulfatos. [En línea]: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Fecha de consulta [octubre de 2006]. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2018].

Disponible en <http://www.imcyc.com/revistact06/oct06/PROBLEMAS.pdf>

Consumo interno de cemento creció 3,45% en junio de 2017 [en línea]. INEI. 1 de Agosto de 2017. [Fecha de consulta: 10 de Septiembre del 2017].

Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/consumo-interno-de-cemento-crecio-345-en-junio-de-2017-9883/>

Efecto de la temperatura de calcinación sobre el hierro estructural en bentonitas comerciales [en línea]. Pizarro, A, Molina, C y Rodríguez, J. Noviembre de 2011. [Fecha de consulta: 14 de Septiembre del 2017].

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/258835080_EFECTO_DE_LA_TEMPERATURA_DE_CALCINACION_SOBRE_EL_HIERRO_ESTRUCTURAL_EN_BENTONITAS_COMERCIALES

FERNÁNDEZ, Rodrigo. Suelos arcillosos calcinados como un posible reemplazo para cemento en los países en desarrollo. Tesis (Título de Doctor en Ciencia). Suiza. Escuela Politécnica Federal de Lausana, 2009. . [Fecha de consulta: 10 de Septiembre del 2017].

Disponible en: https://infoscience.epfl.ch/record/130369/files/EPFL_TH4302.pdf

GUERRERO Pérez, Ramón (2014). UF0569: Edificación y eficiencia energética en los edificios. España: IC Editorial.

ISBN: 9788416271467.

IOANNOU, I *et al.* Desarrollo sostenible y planificación [en línea]. 1ra ed. EEUU: Universidad de Chipre, 2009 [fecha de consulta: 07 de abril de 2017].

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=hWoVPYW1BzIC&pg=PA257&lpg=PA257&dq=Use+Of+Crushed+Fired+Clay+Ceramics+In+The+Production+Of+Mortars&source=bl&ots=53v1EuCfb1&sig=WyVsNrD3YGfJL6gwxzDKgacncl&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjc4I6ozb3cAhVpc98KHefxAl0Q6AEwAXoECAIQAQ#v=onepage&q=Use%20Of%20Crushed%20Fired%20Clay%20Ceramics%20In%20The%20Production%20Of%20Mortars&f=false>

ISBN: 978-1-84564-424-6

Ley N° 27314. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 20 de Julio del 2000.

Municipalidad de Nuevo Chimbote tiene previsto recoger más de 300 mil toneladas de desmonte y basura de la panamericana norte [en línea]. Municipalidad de Nuevo Chimbote. 9 de Septiembre del 2017. [Fecha de consulta: 9 de Septiembre del 2017].

Disponible en: <https://www.muninuevochimbote.gob.pe/notas/4994/municipalidad-de-nuevo-chimbote-tiene-previsto-recoger-ms-de-300-mil-toneladas-de-desmonte-y-basura-de-la-panamericana-norte-.html>

McCormac, Jack y Brown, Russel. Diseño de concreto reforzado [en línea]. 8va ed. México: Alfaomega grupo editor S.A., 2011. [Fecha de consulta: 13 de Septiembre del 2017].

Disponible en:

https://www.ucursos.cl/usuario/037b375d320373e6531ad8e4ad86968c/mi_blog/r/DiseA_o_de_Concreto_Reforzado_8_edicion_-.pdf

ISBN: 978-607-707-231-7

NARCISO, Casas. Muestra sus obras y secretos en las artes plásticas [en línea]. 1ra ed. España: Bubok Publishing, SL., 2011 [fecha de consulta: 14 de septiembre de 2017].

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=7CidCgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

ISBN: 978-84-9009-090-9

PORRERO, Joaquín, *et al.* Manual del concreto estructural [en línea]. 1ra ed. Venezuela: PAG Marketing Soluciones, 2014 [fecha de consulta: 14 de septiembre de 2017].

Disponible en:

<https://pe56d.s3.amazonaws.com/p193k6ak6nqf8199a17uh1ukueue9.pdf>

ISBN: 978-980-7658-00-3

Propiedades mecánicas del concreto [en línea]. MORALES, Luis. 3 de Diciembre del 2014. [fecha de consulta: 14 de septiembre de 2017].

Disponible en:

<https://es.slideshare.net/LuisMorales94/propiedades-mecanicas-del-concreto>

RAFIK Abbas et al. Propiedades y durabilidad del cemento con adición de metacaolín: mortero y hormigón. *Materiales de construcción*, 60(300): 33-49, 2010. ISSN: 0465-2746

RESTREPO Gutiérrez, J. C., Restrepo Baena , O. J. y Tobón, J. I. (2006). Efectos de la adición de metacaolín en el cemento pórtland. *Dyna*, 73(150), 131-141 ISSN 00127353.

RIVERA López (s.f). Concreto simple. Recuperado de <https://civilgeeks.com/2013/08/28/libro-de-tecnologia-del-concreto-y-mortero-inggerardo-a-rivera-l/>

SÁNCHEZ, Diego. Muestra sus obras y secretos en las artes plásticas [en línea]. 2da ed. Colombia: Bhandar Editores, Ltda., 1986 [fecha de consulta: 14 de septiembre de 2017].

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=EWqQPJhsRAC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

ISBN: 958-9247-04-0

SHA, W. y PEREIRA, G. B. Estudio por medio de DSC de la pasta de cemento Portland ordinario que contiene Metacaolín y un acercamiento teórico a la actividad del Metacaolín. Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Belfast, Belfast, U.K. *Cement and Concrete Composites*, 2001.

Singh, Manjit y Garg, Mridul. Puzolanas reactivas de arcillas indias-uso en morteros [en línea]. India, 2006. [fecha de consulta: 13 de Septiembre del 2017].

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/232361897_Reactive_pozzolana_from_Indian_clays-their_use_in_cement_mortars

VIDA útil de estructuras en concreto: ¿De qué depende? [en línea]. Cipriano Londoño. Mayo de 2012. [Fecha de consulta: 10 de Septiembre del 2017].
Disponibile en:<http://blog.360gradosenconcreto.com/vida-util-de-estructuras-en-concreto-de-que-depende/>

ANEXOS

ANEXO 01

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO:

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICA, QUÍMICA Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO $f'c=210\text{KG}/\text{CM}^2$ CON SUSTITUCIÓN AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

En el distrito de Nuevo Chimbote se observa que los residuos sólidos de construcción y demolición no son tratados debidamente por el municipio y son vertidos en lugares descampados y el límite de la carretera panamericana con una extensión de 8km, sin tener ningún valor utilizable, además de la gran cantidad de cemento usado y desechado, dicho material que es el más costoso en la mezcla de concreto y requiere para su elaboración excesiva cantidad de energía y que expulsa toneladas de CO_2 en el proceso de fabricación, contaminando el medio ambiente. Por consiguiente, es necesario darle utilidad a dichos residuos y buscar aminorar la cantidad de cemento usado para reducir de esta manera la contaminación atmosférica y ornamental, elaborando concretos que cumplan con la normatividad vigente.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<p>¿Cuál será el resultado de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con mezcla patrón y sustituyendo el 5, 10 y 15% de cemento con ladrillo de arcilla pulverizado?</p>	<p>Objetivo general.</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar las propiedades física, químicas y mecánicas del concreto con sustitución de ladrillo de arcilla pulverizado al 5%, 10% y 15% de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y compararla con la mezcla patrón. <p>Objetivos específicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar las propiedades físicas, como el asentamiento y densidad del concreto con mezcla patrón y con la mezcla con sustitución al cemento con ladrillo de arcilla pulverizado al 5%, 10% y 15%. Determinar las propiedades químicas del ladrillo de arcilla pulverizado, la durabilidad al ataque de sulfatos de los agregados y las características del agua (ph, sulfatos y cloruros) usada en la mezcla. Determinar las propiedades mecánicas del concreto, como la resistencia a compresión, tracción indirecta y flexión con mezcla patrón y con la mezcla con sustitución al cemento con ladrillo de arcilla pulverizado al 5%, 10% y 15%. 	<p>La sustitución de ladrillo de arcilla pulverizado mejora significativamente las propiedades físicas, químicas y mecánicas para un concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$, al 5, 10 y 15% de sustitución.</p>	<p>Propiedades químicas</p> <p>Propiedades físicas</p> <p>Propiedades químicas</p> <p>Propiedades mecánicas</p>	<p>-Compuestos químicos de ladrillo de arcilla pulverizado</p> <p>-Asentamiento</p> <p>-Densidad</p> <p>-Ph en agua para mezcla</p> <p>-Cloruros de agua en mezcla</p> <p>Sulfatos de agua en mezcla</p> <p>-Inalterabilidad al ataque de sulfatos en agregados</p> <p>-Resistencia a compresión</p> <p>-Resistencia a tracción indirecta</p> <p>-Resistencia a flexión</p>	<p>Protocolos</p>

ANEXO 02

NORMAS TÉCNICAS

MTC E 705. NTP 339.035 HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland.

1.0 OBJETO

1.1 Establecer el método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto en las obras y en el laboratorio.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

2.1 Este ensayo no es aplicable cuando el concreto contiene una cantidad apreciable de agregado grueso de tamaño mayor a 37,5 mm (1½") o cuando el concreto no es plástico o cohesivo. Si el agregado grueso es superior a 37,5 mm (1½"), el concreto deberá tamizarse con el tamiz de este tamaño según la norma MTC 701 "Muestras de Concreto Fresco".

2.2 Concretos que presenten asentamientos menores a 15 mm (1/2") pueden no ser adecuadamente plásticos y concretos que presenten asentamientos mayores a 230 mm (9") pueden no ser adecuadamente cohesivos para que este ensayo tenga significado. Se debe tener precaución en la interpretación de estos resultados.

2.3 Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la norma.

2.4 Esta norma no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien emplee esta norma el establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y el determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes de su empleo.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

3.1 NTP 339.035 HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland.

3.2 AASHTO: T 119M Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete.

3.3 ASTM: C 143 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete.

4.0 EQUIPO

4.1 EQUIPO

4.1.1 Molde – Debe ser metálico, inatacable por el concreto, con espesor de lámina no inferior a 1,14 mm (0,045"). Su forma interior debe ser la superficie lateral de un tronco de cono de 203 ± 2 mm ($8" \pm 1/8"$) de diámetro en la base mayor, 102 ± 2 mm ($4" \pm 1/8"$) de diámetro en la base menor y 305 ± 2 mm ($12" \pm 1/8"$) de altura. Las

bases deben ser abiertas, paralelas entre sí y perpendiculares al eje del cono. El molde debe estar provisto de agarraderas y de dispositivos para sujetarlo con los pies, como se indica en la Figura 1. La costura de la lámina debe ser esencialmente como la indicada en la Figura 1. El interior del molde debe estar libre de abolladuras, ser liso y sin protuberancias.

4.1.2 Varilla compactadora – Debe ser de hierro liso, cilíndrica, de 16 mm (5/8") de diámetro y de longitud aproximada de 600 mm (24"); el extremo compactador debe ser hemisférico con radio de 8 mm (5/16").

5.0 MUESTRA

La muestra que se utiliza en el ensayo debe ser representativa del concreto. Dicha muestra se debe obtener de acuerdo con la norma MTC 701.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 Se humedece el molde y se coloca sobre una superficie horizontal rígida, plana, húmeda y no absorbente. Se sujeta firmemente con los pies y se llena con la muestra de concreto en tres capas, cada una de ellas de un tercio del volumen del molde, aproximadamente. Un tercio del volumen del molde corresponde, aproximadamente, a una altura de 67 mm; dos tercios del volumen corresponden a una altura de 155 mm.

6.2 Cada capa debe compactarse con 25 golpes de la varilla, distribuidos uniformemente sobre su sección transversal. Para la capa del fondo es necesario inclinar ligeramente la varilla dando aproximadamente la mitad de los golpes cerca del perímetro y avanzando con golpes verticales en forma de espiral, hacia el centro. La capa del fondo se debe compactar en todo su espesor; las capas intermedia y superior en su espesor respectivo, de modo que la varilla penetre ligeramente en la capa inmediatamente inferior.

6.3 Al llenar la capa superior se debe apilar concreto sobre el molde antes de compactar. Si al hacerlo se asienta por debajo del borde superior, se debe agregar concreto adicional para que en todo momento haya concreto sobre el molde. Después que la última capa ha sido compactada se debe alisar a ras la superficie del concreto. Inmediatamente el molde es retirado, alzándolo cuidadosamente en dirección vertical. El concreto del área que rodea la base del cono debe ser removido para prevenir interferencia con el proceso de asentamiento. El alzado del molde debe

hacerse en un tiempo aproximado de 5 ± 2 segundos, mediante un movimiento uniforme hacia arriba, sin que se imparta movimiento lateral o de torsión al concreto. La operación completa, desde que se comienza a llenar el molde hasta que se retira, se debe hacer sin interrupción en un tiempo máximo de 2 minutos 30 segundos. El ensayo de asentamiento se debe comenzar a más tardar 5 minutos después de tomada la muestra.

6.4 Inmediatamente después, se mide el asentamiento, determinando la diferencia entre la altura del molde y la altura medida sobre el centro original de la base superior del espécimen.

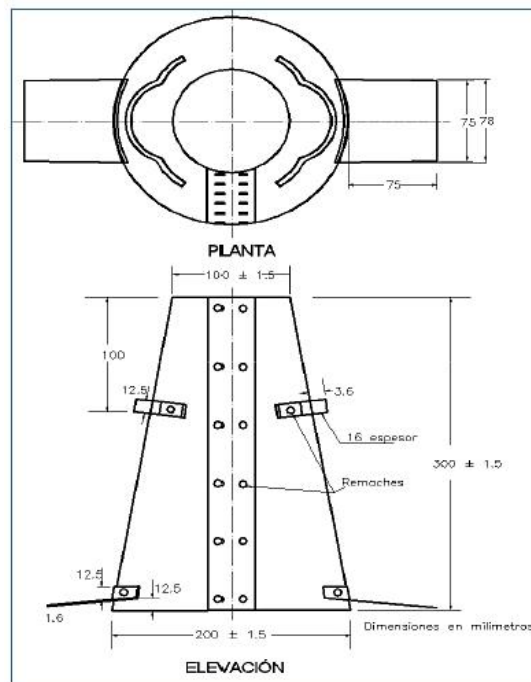


Figura 1. Molde para determinar el asentamiento.

Si ocurre un derrumbamiento pronunciado o desprendimiento del concreto hacia un lado del espécimen, se debe repetir el ensayo sobre otra porción de la muestra. Si dos ensayos consecutivos sobre una muestra de concreto dan este resultado, el concreto carece probablemente de la plasticidad y cohesión necesarias para que el ensayo de asentamiento sea aplicable.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 INFORME

Se debe anotar el asentamiento del espécimen con aproximación al medio centímetro.

MTC E 714. NTP 339.046 HORMIGON (CONCRETO), Método de ensayo gravimétrico para determinar el peso por metro cúbico, rendimiento y contenido de aire del hormigón.

1.0 OBJETO

1.1 Determinar la densidad (ver Nota 1.) del concreto recién mezclado que proporcionará fórmulas para calcular el rendimiento, el contenido de cemento y el contenido de aire del concreto.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

2.1 El rendimiento se define como el volumen del concreto logrado con una mezcla de cantidades conocidas de sus materiales componentes.

3.0 REFERENCIA NORMATIVA

3.1 NTP 339.046 HORMIGON (CONCRETO), Método de ensayo gravimétrico para determinar el peso por metro cúbico, rendimiento y contenido de aire del hormigón.

3.2 ASTM C 138 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete.

3.3 AASHTO T 121 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete.

SIMBOLOS

A = Contenido de aire (porcentaje de vacíos) en el concreto.

N = Contenido real de cemento, kg/m³ ó lb/yd³.

Nt = Masa del cemento en la tanda, kg o lb.

Ry = Rendimiento relativo.

T = Masa teórica del concreto, suponiendo la no presencia de aire, kg/m³ o lb/pie

V = Volumen total absoluto de los ingredientes que componen la tanda, m³ o pies³.

W = Densidad o Masa unitaria del concreto, Kg/m³ o lb/pie³

W1 = Masa total de todos los materiales de la tanda, Kg o lb (Nota 3).

Y = Volumen de concreto producido por tanda, m³ o yd³

Yd = Volumen de concreto que, por diseño, debería producir la tanda, m³ o yd³.

Yf = Volumen de concreto producido por tanda, pie³.

Nota 1. Peso unitario fue la terminología previa empleada para describir la propiedad determinada por este método de ensayo, la cual es masa por unidad de volumen.

Nota 2. La densidad teórica se determina usualmente en el laboratorio. Se asume que su valor permanece constante durante todas las tandas cuando se utilizan los mismos componentes y las mismas proporciones. Se calcula mediante la ecuación:

$$T = W1 / Y$$

El volumen absoluto de cada componente es igual al cociente entre la masa de tal componente y el producto de su densidad por 62,4. El volumen absoluto de cada ingrediente en m³ es igual a la masa del ingrediente en kilogramos dividida entre 1000 veces su gravedad específica. Para los agregados, la densidad aparente y la masa se debe determinar en su condición S.S.S. (saturada y superficialmente seca). Para el cemento, la densidad real se debe determinar mediante la norma INV E-307. Se puede utilizar el valor de 3,15 para cementos que cumplan con los requisitos de la norma AASHTO M -85.

Nota 3. La masa total de todos los materiales de la tanda es la suma de las masas del cemento, del agregado fino en la condición de uso, del agregado grueso en la condición de uso, del agua de mezcla añadida a la tanda y de cualquier otro material sólido o líquido utilizado

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

4.1.1 Balanza – Tendrá precisión de aproximadamente el 0,3% (45g, 0,1lb) de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del intervalo de uso. El intervalo de uso debe abarcar desde la masa del medidor vacío, hasta dicha masa vacía más su contenido, considerándose que tenga este último un peso unitario de 2600 kg/m³ (160 lb/pie³).

4.1.2 Varilla compactadora – Debe ser de hierro, liso, cilíndrica, de 16 mm (5/8 pulg) de diámetro y de longitud aproximada de 600 mm (24 pulg); el extremo compactador debe ser semiesférico con radio de 8 mm (5/16 pulg).

4.1.3 Vibrador interno – Los vibradores internos pueden tener ejes flexibles o rígidos, movidos preferiblemente mediante motores eléctricos. Deben proporcionar 7000 vibraciones por minuto (117 Hz) o más, al encontrarse en funcionamiento. El diámetro externo o la dimensión lateral del elemento vibrador debe ser de por lo menos 19 mm (0,75 pulg), y no mayor de 38 mm (1,5 pulg). La longitud del eje debe ser de por lo menos 600 mm (24 pulg).

4.1.4 Medidor – Corresponde a un recipiente cilíndrico de acero o de otro metal apropiado. (Nota 4). Debe ser impermeable y suficientemente rígido para mantener su forma y volumen calibrado aún bajo uso rudo. Se prefieren aquellos medidores que son maquinados a las dimensiones precisas en su interior y que poseen manijas.

La capacidad mínima del medidor se debe ajustar a lo especificado en la Tabla 1. Todos los medidores, exceptuando los recipientes de medida utilizados para determinación del contenido de aire, deben cumplir con los requisitos de la norma MTC E 203. Tales recipientes de medida para determinación del contenido de aire deben cumplir con lo especificado en la norma MTC E 706. El borde superior de estos recipientes debe ser liso y plano en 0,25 mm (0,01 pulg).

Tabla 1. Capacidad mínima de los medidores.

Tamaño nominal máximo del agregado grueso ^a		Capacidad del medidor, mínimo ^b	
mm	pulg	dm ³	ft ³
25,0	1	6	0,2
37,5	1½	11	0,4
50	2	14	0,5
75	3	28	1,0
114	4½	71	2,5
152	6	99	3,5

a. El agregado de un tamaño nominal máximo puede contener hasta 10% de partículas retenidas en el tamiz correspondiente a este tamaño.

b. Para tener en cuenta el desgaste, las medidas pueden ser hasta un 5% más pequeña que las indicadas en esta tabla.

Nota 4. El metal no debe ser fácilmente atacable por la pasta de cemento. Se pueden usar, sin embargo, algunos metales que son reactivos, por ejemplo ciertas aleaciones de aluminio, cuando éstos son capaces de formar una capa protectora de la corrosión subsiguiente

4.1.5 Placa enrasadora – Debe ser metálica, rectangular, de por lo menos 6 mm (1/4 pulg) de espesor o una placa de vidrio o acrílica de por lo menos 13 mm (½ pulg) de espesor, con un ancho y un largo superiores en 50 mm (2 pulg) al diámetro del medidor con el cual va a ser usada. Los bordes de la placa deben ser rectos y lisos dentro de una tolerancia de 1,6 mm (1/16 pulg).

4.1.6 Equipo de calibración – Se refiere a una placa de vidrio, de por lo menos 6 mm (1/4 pulg) de espesor y al menos 25 mm (1 pulg) superior al diámetro del medidor que va a ser calibrado. Se debe proveer una bomba de agua o una grasa que se pueda colocar sobre el borde del recipiente para evitar derrames o pérdidas.

4.1.7 Martillos – Pueden ser de cabeza de caucho o de cuero, con una masa de aproximadamente 600 ± 200 g (1,25 ± 0,50 lb) para medidores de 14 dm³ (0,5 pies³)

o menos, y otro con una masa de aproximadamente $1000 \pm 200\text{g}$ para medidores de volumen superior a 14 dm^3 ($0,5\text{ pies}^3$).

5.0 MUESTRA

5.1 Se obtiene la muestra a partir de la mezcla de concreto fresco de acuerdo con la norma MTC E 701.

6.0 PROCEDIMIENTO

Calibración del medidor

Se calibra el medidor y se determina el factor que se debe usar para convertir la masa en kg (lb) del material contenido en su interior a masa unitaria kg/m^3 (lb/pie^3). Se sigue el procedimiento descrito en la norma MTC E 203. Los medidores se deben calibrar por lo menos una vez cada año o siempre que se dude de la precisión de la calibración.

6.1 Generalidades – Los métodos de consolidación son los de apisonado y vibración interna. Se deben apisonar aquellos concretos que den un asentamiento superior a los 75 mm (3 pulg). Se deben apisonar o vibrar los concretos que den un asentamiento de 25 a 75 mm (1 a 3 pulg). Los concretos que den un asentamiento inferior a 25 mm (1 pulg), deben ser compactados por vibración.

Nota 5. El concreto no-plástico, el cual es utilizado comúnmente en la fabricación de tubos y mampostería, no es considerado dentro de esta norma.

6.2 Apisonado – Se coloca el concreto en el medidor, en tres capas de aproximadamente igual volumen. Se golpea cada capa con la varilla compactadora, 25 veces cuando se usen medidores de volumen igual o menor a $0,014\text{m}^3$ ($0,5\text{ pies}^3$) o 50 veces cuando se use el medidor de $0,28\text{m}^3$ (1 pie^3).

Los golpes aplicados a la capa inferior deben cruzar todo su espesor, pero no deben estrellar fuertemente el fondo del medidor. Se distribuyen los golpes uniformemente sobre la sección transversal del medidor. Para las capas media y superior, los golpes deben penetrar aproximadamente 25 mm (1 pulg) dentro de la capa anterior a la que está siendo compactada. Después que cada capa ha sido compactada, se golpean los costados del medidor con el martillo apropiado, entre 10 y 15 veces, con el fin de cerrar los orificios dejados por la varilla y de liberar las burbujas de aire que hayan quedado atrapadas en la mezcla. Se añade la capa final de tal forma que se evite el sobrellenado.

6.3 Vibración interna – Se llena y vibra el medidor en dos capas aproximadamente iguales, colocando todo el concreto de una capa antes de vibrarlo. Se inserta el vibrador en tres puntos diferentes para cada capa. Al vibrar la capa inferior se evita el contacto del vibrador con el fondo o las paredes del medidor. Al penetrar la última capa el vibrador debe penetrar aproximadamente 25 mm (1 pulg) dentro de la capa anterior. Se debe tener cuidado de no dejar bolsas de aire al extraer el vibrador. El tiempo de vibración requerido dependerá de la manejabilidad del concreto y de la efectividad del vibrador (Nota 6). Se continúa la vibración sólo lo suficiente para obtener una compactación satisfactoria del concreto (Nota 7). Se conserva un mismo tiempo de vibrado para una clase particular de concreto, de vibrador y de medidor utilizados.

Nota 6. Usualmente se considera que se ha aplicado suficiente vibración cuando la superficie del concreto se hace lisa.

Nota 7. Una vibración excesiva puede causar segregación y pérdidas en la cantidad de aire que intencionalmente se pretende dejar incluido en la mezcla

6.4 Al terminar la compactación, el medidor no debe mostrar un exceso o una deficiencia considerable de concreto. Se considera como óptimo, un exceso de concreto que sobresalga 3 mm (1/8 pulg) por encima del nivel del borde del molde. Se puede añadir una pequeña cantidad de concreto para corregir una deficiencia. Si el medidor contiene gran exceso de concreto al terminar la compactación, se remueve una porción representativa del exceso con un palustre o una cuchara, inmediatamente después de completar la compactación y antes de enrasar el medidor.

6.5 Enrasado – Se enrasa la superficie del concreto al terminar la compactación y se termina la superficie del concreto, en forma lisa con la placa enrasadora, teniendo mucho cuidado de dejar el medidor lleno justo a nivel. El enrasado queda mejor presionando la placa enrasadora sobre la superficie del medidor, para cubrir aproximadamente 2/3 de la superficie y retirando la placa con un movimiento de sierra para terminar solamente el área originalmente cubierta.

Luego se coloca la placa sobre la superficie del medidor para cubrir los 2/3 originales de superficie y se avanza la placa con una presión vertical y un movimiento de sierra para cubrir el total de la superficie del medidor. Si se dan varios pequeños golpes con el extremo inclinado de la placa, se producirá una superficie lisa.

6.6 Limpieza y pesaje – Después de enrasar, se limpia cualquier exceso de concreto existente en el exterior del medidor y se determina la masa neta del concreto en el medidor con una precisión acorde con la expresada en la Sección 4.1.1.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

7.1.1 Densidad (Masa Unitaria) – Se calcula la masa neta del concreto, restando la masa del medidor vacío M_m , a la masa del medidor lleno con concreto, M_c . Se calcula la densidad, W , dividiendo la masa neta del concreto entre el volumen del medidor, V_m como se muestra a continuación:

$$W = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

7.1.1.1 Rendimientos – Se calcula el rendimiento como sigue:

$$Y(m^3) = \frac{W_1}{W}$$

$$Y_f(\text{pie}^3) = \frac{W_1}{W}$$

$$Yf(\text{yd}^3) = \frac{W_1}{27W}$$

7.1.1.2 Rendimiento relativo – Es la relación entre el volumen real del concreto obtenido y el volumen tal como fue diseñado para la tanda, calculado como sigue:

$$Ry = \frac{Y}{Yd}$$

Nota 8. Un valor de Ry superior a 1.00 indica un exceso del concreto que está siendo producido mientras que el valor menor indica que la tanda es “pequeña” para su volumen de diseño.

7.1.1.3 Contenido de cemento – Se calcula el contenido de cemento real de la siguiente forma:

$$N = \frac{Nt}{Y}$$

7.1.1.4 Contenido de aire – Se calcula su valor de la manera siguiente:
100 (unidades SI).

$$A = \frac{Y - V}{Y} \times 100 \text{ (unidades SI)}$$

ó

$$A = \frac{T - W}{T} \times 100$$

ó

$$A = \frac{Y_f - V}{Y_f} \times 100 \text{ (unidades lb - pul)}$$

8.0 PRECISION Y DISPERSION

8.1 PRECISION

8.1.1 Las siguientes estimaciones de precisión para esta norma están basadas en una colección de datos de varias partes por el “National Ready Mixed Concrete Association”. Los datos representan mezclas de concreto con asentamientos entre 75 y 150 mm (3 y 6 pulg) y densidades entre 1842 y 2483 kg/m³ (115 y 155 lb/pie³) y concreto con contenido de aire incluido y sin contenido de aire El estudio se realizó empleando medidores de 7 dm³ (0,25 pie³) y 14 dm³ (0,5 pie³).

8.1.2 Precisión de operador simple – Se ha encontrado que la desviación estándar de la densidad de mezclas de concreto para un operador simple es 10,4 kg/m³ (0,65 lb/pie³) (1s). Es por esto que dos resultados de ensayos realizados por el mismo operador apropiadamente en la misma muestra de concreto, no deberán diferir en más de 29,6 kg/m³ (1,85 lb/pie³) (d2s).

8.1.3 Precisión de operador múltiple – Se ha encontrado que la desviación estándar de la densidad de mezclas de concreto para un operador múltiple es 13,1 kg/m³ (0,82 lb/pie³) (1s). Es por esto que dos resultados de ensayos realizados por los dos operadores apropiadamente en la misma muestra de concreto no deberán diferir en más de 37,0 kg/m³ (2,31 lb/pie³) (d2s).

8.1.4 Tolerancia – Esta norma no tiene ninguna tolerancia puesto que la densidad es definida únicamente en términos de esta norma.

MTC E 209. NTP 400.016: AGREGADOS, Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

1.0 OBJETO

1.1 Establecer un método de ensayo para determinar la resistencia de los agregados a la desintegración por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

2.1 Este Modo Operativo es una medida a la desintegración de los agregados grueso y fino por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, durante no menos de 16 h ni más de 18 h, de una manera tal que la soluciones cubra toda la muestra. Después del período de inmersión se saca la muestra de agregado de la solución y se coloca en el horno de secar. Se repite el proceso alternado de inmersión y secado hasta que se obtenga el número de ciclos requeridos.

2.2 Suministra información útil para juzgar la alterabilidad de los agregados sometidos a la acción de la intemperie, particularmente cuando no se dispone de información adecuada sobre el comportamiento del material expuesto a condiciones atmosféricas reales.

2.3 Se advierte el hecho de que los resultados obtenidos por el uso de las dos sales, difieren considerablemente y se debe tener el cuidado en establecer los límites correctos en especificaciones que puedan incluir requerimientos para estos ensayos.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

3.1 NTP 400.016: AGREGADOS, Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

4.0 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

4.1 EQUIPOS

4.1.1 Tamices. Se usarán con aberturas cuadradas de los siguientes tamaños, que cumplan con la norma sobre tamices de ensayo normalizado según NTP 350.001.

ABERTURA SERIE FINA		ABERTURA SERIE GRUESA
NOMINAL	TAMIZ NORMALIZADO	TAMIZ NORMALIZADO
Nº 100	150 μm	8,00 mm (5/16") 9,50 mm (3/8")
Nº 50	300 μm	12,5 mm (1/2") 16,0 mm (5/8")
Nº 30	600 μm	19,0 mm (3/4") 25,0 mm (1")
Nº 16	1,18 mm	31,5 mm (1 1/4")
Nº 8	2,36 mm	37,5 mm (1 1/2") 50,0 mm (2")
Nº 5	4,00 mm	63,0 mm (2 1/2")
Nº 4	4,75 mm	Tamaños mayores aumentan en 12,7 mm (1/2")

4.1.2 Envases. Utilizados para sumergir las muestras de agregados en la solución de acuerdo con el procedimiento descrito en este método, tendrán perforaciones que permiten un libre acceso de la solución a la muestra y el drenaje sin pérdida de agregado. El volumen de la solución en la cual se sumergen las muestras, será por lo menos 5 veces el volumen de la muestra sumergida en una operación.

4.1.3 Regulación de la temperatura. Se proveerán medios adecuados para regular la temperatura de las muestras durante la inmersión en la solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

4.1.4 Balanzas. Se usará una balanza con capacidad no menos de 500 g y con sensibilidad de por lo menos 0,1 g para pesar el agregado fino. Se usará una balanza con una capacidad no menor de 5 000 g y con una sensibilidad de por lo menos 1 g, para pesar el agregado grueso.

4.1.5 Horno de secado. El horno será tal, que se pueda calentar continuamente entre 105 a 110°C y la velocidad de evaporación alcance un promedio de por lo menos 25 g por hora, a esa temperatura, durante 4 h manteniendo las puertas cerradas. Esta velocidad se determinará por la pérdida de agua en vasos de precipitación; Griffin, llanos de un litro, conteniendo inicialmente cada uno 500 g de agua a una temperatura de 21 ± 2 °C. Estos vasos irán colocados dentro del horno vacío, en cada esquina y en el centro de cada parrilla.

4.1.6 Medida del Peso Específico. Deberá disponerse de equipo adecuado para la medida del peso específico de las soluciones.

4.2 REACTIVOS

4.2.1 Solución de sulfato de sodio. Se prepara una solución saturada de sulfato de sodio químicamente puro disolviendo la sal en agua a una temperatura de 25 °C a 30 °C. Se agrega suficiente sal (Nota 1) de la forma anhidra (Na_2SO_4) o la forma

cristalina ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), para asegurar la saturación con la presencia de cristales en exceso cuando la solución esté lista para ser usada en los ensayos. Se agita la mezcla completamente durante la adición de la sal y se agita la solución a intervalos frecuentes hasta que se vaya a usar. Para evitar la evaporación y prevenir la contaminación, mantenga el recipiente que contiene la solución cubierto, mientras ésta no se utilice. Se enfría la solución hasta una temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$ y se mantiene a esta temperatura por lo menos durante 48 h antes de uso. Antes de cada uso, rompa la costra de sal, si la hay, en el envase, agite la solución completamente y determine su peso específico. Cuando va a ser usada la solución deberá tener un peso específico no menor de 1,151 ni mayor 1,174. Deseche cualquier solución cuyo color se haya alterado o fíltrela y revise el peso específico.

Nota 1. Son suficientes 215 g de sal anhidra o 700 g de decahidrato por litro de agua, para la saturación de la solución a 22°C . Sin embargo, ya que estas sales no son completamente estables y es deseable un exceso de cristales, se recomienda el uso de no menos de 350 g de la sal anhidra o 750 g de la sal decahidratada por litro de agua.

4.2.2 Solución de sulfato de magnesio. Se prepara una solución saturada de sulfato de magnesio químicamente puro disolviendo la sal en agua a una temperatura de 25°C a 30°C . Se agrega suficiente sal (Nota 2) de la forma anhidra (MgSO_4) o la forma cristalina ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), para asegurar la saturación con la presencia de cristales en exceso cuando la solución esté lista para ser usada en los ensayos. Se agita la mezcla completamente durante la adición de la sal y se agita la solución a intervalos frecuentes hasta que se vaya a usar. Para evitar la evaporación y prevenir la contaminación, mantenga el recipiente que contiene la solución cubierto, mientras ésta no se utilice. Se enfría la solución hasta una temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$ y se mantiene a esta temperatura por lo menos durante 48 h antes de su uso. Antes de cada uso, se rompe la costra de sal, si la hay, en el envase, se agita la solución completamente y se determina su peso específico. Cuando va a ser usada la solución deberá tener un peso específico no menor de 1,295 ni mayor de 1,308. Se desecha cualquier solución cuyo color se haya alterado o se filtra y se revisa el peso específico.

Nota 2. Son suficientes 350 g de sal anhidra o 1 230 g del heptahidrato por litro de agua, para la saturación de la solución a 23°C . Sin embargo ya que estas sales no

son completamente estables, siendo la sal hidratada la más estable de las dos, y ya que es deseable que se encuentre presente un exceso de cristales, se recomienda usar la sal heptahidratada, en una cantidad no menor de 1 400 g por litro de agua.

5.0 MUESTRA

5.1 Agregado fino. El agregado fino para el ensayo se pasará por un tamiz normalizado 9,50 mm (3/8"). La muestra será de un peso tal, que una vez tamizada queden por lo menos 100 g de material en cada uno de los tamices. Los pesos retenidos serán por lo menos de 5 % de la muestra tamizada, expresados en función de los siguientes tamices nominales:

Pasa el tamiz normalizado	Retenido sobre el Tamiz normalizado
600µm (Nº 30)	300µm (Nº 50)
1,18 mm (Nº 16)	600µm (Nº 30)
2,36 mm (Nº 8)	1,18 mm (Nº 16)
4,75 mm (Nº 4)	2,36 mm (Nº 8)
9,50 mm (3/8")	4,75 mm (Nº 4)

5.2 Agregado grueso: El agregado grueso para el ensayo será el material retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (Nº 4). Este material se ensayará de acuerdo con el procedimiento descrito para agregado fino. La muestra será de un peso tal que una vez tamizada queden las siguientes cantidades de cada uno de los distintos tamaños (los pesos retenidos serán por lo menos el 5% de la muestra tamizada).

Tamaño (tamices normalizado de abertura cuadrada)	Peso en g
Consistiendo de:	
9,5 mm (3/8") a 4,75 mm (Nº 4)	300 ± 5
19,0 mm (3/4") a 9,5 mm (3/8")	1 000 ±10
Consistiendo de:	
Material de 12,5 mm (1/2") a 9,5 mm (3/8")	300 ± 5
Material de 19,0 mm (3/4") a 12,5 mm (1/2")	670 ±10
37,5 mm (1 1/2") a 19,0 mm (3/4")	1 500 ± 50
Consistiendo de:	
Material de 25,0 mm (1") a 19,0 mm (3/4")	500 ± 30
Material de 37,5 mm (1 1/2") a 25,0 mm (1")	1 000 ± 50
63,0 mm (2 1/2") a 37,5 mm (1 1/2")	5 000 ± 300
Consistiendo de:	
Material de 50,0 mm (2") a 37,5 mm (1 1/2")	2 000 ± 200
Material de 63,0 mm (2 1/2") a 50,0 mm (2")	3 000 ± 300
Para Tamaños mayores se aumentará el tamaño del tamiz en Incrementos de 25,0 mm (1") para cada fracción.	7 000 ± 1 000

5.3 Cuando se ensaya un agregado que contiene apreciables cantidades de agregado fino y grueso, que tengan una graduación de más del 10% en peso mayor que el tamiz 9,5 mm (3/8) y más del 10% en peso menor de 4,75 mm (Nº 4) ensayar las muestras por separado de acuerdo con los procedimientos para agregados fino y grueso, respectivamente. Los resultados deberán ser repartidos separadamente para la fracción de agregado fino y grueso, dando los porcentajes de la fracción grueso y fino en la graduación inicial.

5.4 Preparación de la muestra de ensayo:

5.4.1 Agregado fino. Se lava completamente la muestra de agregado fino sobre un tamiz normalizado 300 μ m (No 50), se seca hasta peso constante a 105 oC o 110 oC, y separa en diferentes tamaños, por tamizado, como sigue se efectuará una separación aproximada de la muestra gradada, por medio de un juego de los tamices especificados en la Sección

5.1. De las fracciones obtenidas en esta forma se selecciona muestras para disponer de 100 g después de efectuar un tamizado completo. (En general una muestra de 110 g será suficiente). No se usará el agregado fino que se adhiere a las mallas de los tamices al preparar las muestras. Se pesan las muestras de 100 ± 1 g de cada una de las fracciones después del tamizado final y se colocarán en envases individuales para el ensayo.

5.4.2 Agregado grueso. Se lava y seca completamente las muestras de agregado grueso hasta peso constante a 105°C a 110°C y se separará en los diferentes tamaños indicados en la Sección

5.2 mediante un tamizado completo cuando la porción de ensayo consiste en dos tamaños, pese por separado dentro de las tolerancias de 5.2 y combínelas al peso total designado. Registre el peso de la muestra de ensayo y sus fracciones componentes. Se obtendrá el peso adecuado de la muestra para cada fracción y se colocará en envases individuales para el ensayo. En el caso de fracciones más gruesas que el tamiz normalizado 19,0 mm (3/4"), se contará el número de partículas.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 Inmersión de las muestras en la solución: Se introducirán las muestras en la solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, durante no menos de 16 h ni más de 18 h, de una manera tal, que la solución las cubra a una profundidad de por lo menos 1,5 cm (Nota 3). Se tapan los envases para disminuir la evaporación y evitar

la adición accidental de sustancias extrañas. Las muestras sumergidas en la solución se mantendrán a una temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$ durante el período de inmersión.

Nota 3. Para mantener sumergidos los agregados muy livianos, estos se podrán cubrir con malla de alambre a las cuales se les agregará pesos y se colocarán sobre la muestra dentro del envase.

6.2 Secado de las muestras después de la inmersión. Después del periodo de inmersión se saca la muestra de agregado de la solución, se deja escurrir durante $15 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$ y se coloca en el horno de secar. Previamente, se llevará la temperatura del horno a 105°C ó 110°C . Se seca la muestra a la temperatura especificada hasta obtener un peso constante. Durante el período de secado, se sacan las muestras del horno y se pesan, sin enfriamiento, a intervalos de 2 a 4 h. Se puede considerar que se ha alcanzado el peso constante cuando dos pesadas sucesivas para cualquier muestra, realizadas como se describe arriba difieran en menos del 1% del peso de la muestra en 4 h de secado. Después de haber conseguido el peso constante, enfríe la muestra a la temperatura ambiente y luego se sumerge en la solución, tal como se describe en 6.1. Durante el lavado de la muestra, deberá prevenirse impacto o abrasión que puedan ocasionar el quebrantamiento de las partículas.

6.3 Número de ciclos: Se repite el proceso alternado de inmersión y secado hasta que se obtenga el número de ciclos requeridos.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

7.1.1 Examen cuantitativo:

7.1.1.1 Después de completar el ciclo final y enfriado la muestra a temperatura ambiente se lava cada fracción por separado para eliminar el sulfato de sodio o sulfato de magnesio. Los últimos lavados serán hechos con agua destilada y mediante la reacción con cloruro de bario (BaCl_2) podrá comprobarse si el agua de lavado está libre de las sales anteriores.

7.1.1.2 Después que ha sido eliminado el sulfato de sodio o sulfato de magnesio, se seca cada fracción de la muestra hasta peso constante a 105°C ó 110°C y luego se anota. Se tamiza el agregado fino a través del mismo tamiz en el cual estaba retenido antes del ensayo.

7.1.1.3 El agregado grueso se tamizará para cada tamaño apropiado de partícula, a través del cedazo que se indica a continuación.

Tamaño del agregado	Tamiz normalizado usado para determinar la pérdida
63 mm (2 ½") a 37,5 mm (1 ½")	31,5 mm (1 ¼")
37,5 mm (1 ½") a 19,0 mm (¾")	16,0 mm (5/8")
19,0 mm (¾") a 9,5 mm (3/8")	8,0 mm (5/16")
9,5 mm (3/8") a 4,75 mm (Nº 4)	4,0 mm (Nº 5)

7.1.1.4 El método y duración del tamizado del agregado fino será el mismo de la preparación de la muestra. El tamizado del agregado grueso será realizado a mano, con una agitación suficiente solamente para asegurar que el material de menor medida pase la malla. No deberá emplearse manipulación extra para quebrar las partículas para hacerlas pasar por la malla. Pese el material retenido en cada malla y registre. La diferencia entre cada una de estas cantidades y el peso inicial de la fracción ensayada es la pérdida de peso y será expresada como porcentaje del peso inicial utilizado, tal como en la Tabla 1.

7.1.2 Examen Cualitativo: Se realizará el examen cualitativo de las muestras mayores de 19,0 mm (¾") como sigue (Nota 4). Separe en grupos las partículas de cada muestra, de acuerdo a la acción producida por el ensayo. Registre el número de partículas que muestran cada tipo de acción.

Nota 4. Pueden resultar muchos tipos de acción. En general se pueden clasificar como desintegración, rajadura, desmenuzamiento, rotura, descamación, etc. Mientras que solamente las partículas mayores de ¾" requieren de examen cualitativo, se recomienda el examen de las mallas pequeñas para determinar si existe alguna evidencia de excesivas rajaduras.

7.2 INFORME

7.2.1 Reportar los siguientes datos:

7.2.1.1 Peso de cada fracción de cada muestra antes de ensayo.

7.2.1.2 Material de cada fracción de la muestra más fina que la malla indicada en 7.1.1.2 para tamizado después del ensayo expresado como porcentaje del peso original de la fracción.

7.2.1.3 Pesada promedio calculada de acuerdo con el Modo Operativo MTC E 204-2013 del porcentaje de pérdida de cada fracción, basada sobre la gradación de la muestra tal como se recibió, o preferiblemente, sobre la granulometría promedio del

material de la porción de suministro del cual la muestra es representativa, excepto que:

- a) Para el agregado fino (con menos de 10% mayor de la malla 9,5 mm (3/8”), asuma 0% de pérdida para tamaños más finos que la malla de 300 μm (No 50) y para tamaños mayores que la malla de 9,5 mm (3/8”) tendrán la misma pérdida que la próxima malla más pequeña de la que se dispone de los datos de ensayo.
- b) Para el agregado grueso (con menos del 10% más fino que la malla de 4,75 mm (Nº 4) la misma pérdida que la malla mayor más próxima de la que se dispone de datos.
- c) Para agregados que contengan apreciables cantidades de material fino y grueso, ensayado como dos muestras separadas de acuerdo con 5.3, calcular las pérdidas de peso separadamente de las fracciones menor y mayor que la malla Nº 4, basada sobre el recalcu de la granulometría considerando la fracción fina como 100% y la fracción gruesa como 100%. Registre los resultados separadamente dando los porcentajes de la menor y mayor que la malla Nº 4 de la granulometría inicial.
- d) Para el cálculo de los promedios, considerar los tamaños considerados en 5.1 y 5.2 que contengan menos del 5% de la muestra que tenga la misma pérdida que la próxima más pequeña y más grande, o si una de esas medidas está ausente, tengan la misma pérdida como la próxima más grande o más pequeña, cualquiera que esté presente.

7.2.1.4 Reporte los porcentajes de pérdida al entero más cercano.

7.2.1.5 En el caso de las partículas mayores de 19,0 mm (3/4”) antes del ensayo:

- a) El número de partículas de cada fracción antes del ensayo, y
- b) El número de partículas afectadas, clasificadas según el tipo de efecto como se muestra en la Tabla 2.

7.2.1.6 Clase de solución (Sulfato de Sodio o Magnesio) y si la solución empleada fue fresca o utilizada previamente.

8.0 PRECISION Y DISPERSION

8.1 PRECISION

Para agregado grueso con pérdida en el rango de 6% a 16% con Sulfato de Sodio y 9% a 20% con Sulfato de Magnesio, los índices de precisión son como siguen:

	Coefficiente de Variación (1S %), %	Diferencia entre dos resultados (D 2S %), % de Promedio
Multilaboratorio:		
Sulfato de Sodio	41	116
Sulfato de Magnesio	25	71
Simple Operador:		
Sulfato de Sodio	24	68
Sulfato de Magnesio	11	31

8.2 DISPERSION

No existe información al respecto para este método

TABLA 1: Ejemplo de registro de datos (con valores de ensayo reales)

TAMAÑO DE LOS TAMICES	GRADACIÓN DE LA MUESTRA ORIGINAL	PESO DE LAS FRACCIONES COMPRENDIDAS ANTES DEL ENSAYO g.	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES DESPUES DEL ENSAYO	PORCENTAJE DE PERDIDA PESADO	
ENSAYO DE INALTERABILIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS					
Menos de 150 µm (Nº 100)	6	-	-	-	
300 µm (Nº 50) a Nº 100	11	-	-	-	
600 µm (Nº 30) a Nº 50	26	100	4,2	1,1	
1,18 mm (Nº 16) a Nº 30	25	100	4,8	1,2	
2,36 mm (Nº 8) a Nº 16	17	100	8,0	1,4	
4,75 mm (Nº 4) a Nº 8	11	100	11,2	1,2	
9,5 mm (3/8") a Nº 4	4	-	11,2	0,4	
TOTALES	100	-	-	5,0	
ENSAYO DE INALTERABILIDAD DE LOS AGREGADOS GRUESOS					
63,0 mm (2 1/2") a 50 mm (2")	2 825 g 2 1/2" a 1 1/2"	20	4783	4,8	1,0
50,0 mm (2") a 37,5 mm (1 1/2")	1 958 g 2 1/2" a 1 1/2"				
37,5 mm (1 1/2") a 25,0 mm (1")	1 012 g 1 1/2" a 3/4"	45	1525	8,0	3,6
25,0 mm (1") a 19,0 mm (3/4")	513 g 1 1/2" a 3/4"				
19,0 mm (3/4") a 12,5 mm (1/2")	675 g 3/4" a 3/8"	23	1008	9,6	2,2
12,5 mm (1/2") a 9,5 mm (3/8")	333 g 3/4" a 3/8"				
9,5 mm (3/8") a 4,75 mm (Nº 4)	298 g	12	298	11,2	1,3
TOTALES		100			8,0

* El porcentaje de pérdida (11,2%) del siguiente tamaño más pequeño es usado como el porcentaje de pérdida para este tamaño. Desde este tamaño contiene menos del 5% de la muestra original recibida. Véase 7.2.1.3.d

TABLA 2: Ejemplo de formato de examen cualitativo (ilustrado con valores supuestos) examen cualitativo de agregado grueso partículas que exhiben falla

TAMICES	RAJADAS		DESMORONADAS		FRACTURADAS		ASTILLADAS		Nº TOTAL DE PARTÍCULAS ANTES DEL ENSAYO
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	
63,0 mm (2 1/2") a 37,5 mm (1 1/2")	2	7	-	-	2	7	-	-	29
37,5 mm (1 1/2") a 19,0 mm (3/4")	5	10	1	2	4	8	-	-	50

ANEXO A

ENSAYO DE INALTERABILIDAD DE AGREGADOS POR EL USO DE*

(Ensayo de Durabilidad) Método : MTC E 209-2013

Identificación :

DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO EN SOLUCION DE*					
Tamaño de Mallas		Porcentaje del Retenido Muestra Original	Peso de las Fracciones antes del Ensayo	% de Pérdidas después del Ensayo	% de Pérdidas Corregidas
Pasa	Retiene				
9,50 mm (3/8")	4,75 mm (Nº 4)				
4,75 mm (Nº 4)	2,36 mm (Nº 8)				
2,36 mm (Nº 8)	1,18 mm (Nº 16)				
1,18 mm (Nº 16)	600 µm (Nº 30)				
600 µm (Nº 30)	300 µm (Nº 50)				
300 µm (Nº 50)	150 µm (Nº 100)				
150 µm (Nº 100)	-----				
TOTALES					

- * Sulfato de Sodio
- Sulfato de Magnesio

ANEXO B

DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO EN SOLUCION DE.....							
Tamaño de Mallas	Porcentaje Retenido de la Original	Peso de Fracciones Originales	Peso de Fracciones Después de Ensayo	Pérdidas Después de Ensayo	Sumas Parciales de Pérdidas	% de Pérdidas después del Ensayo	% de Pérdidas Corregidas
50,0 mm (2")							
37,5 mm (1 1/2")							
37,5 mm (1 1/2")							
25,0 mm (1")							
25,0 mm (1")							
19,0 mm (3/4")							
19,0 mm (3/4")							
12,5 mm (1/2")							
12,5 mm (1/2")							
9,5 mm (3/8")							
9,5 mm (3/8")							
4,75 mm (Nº 4)							
TOTALES							

MTC E 704. NTP 339.034 HORMIGON (CONCRETO), Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

1.0 OBJETO

1.1 Determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tanto cilindros moldeados como núcleos extraídos, y se limita a concretos con un peso unitario superior a 800 kg/m^3 (50 lb/pe^3).

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

2.1 El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros moldeados o a núcleos, a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

2.2 Los resultados de este ensayo se pueden usar como base para el control de calidad de las operaciones de dosificación, mezclado y colocación del concreto; para el cumplimiento de especificaciones y como control para evaluar la efectividad de aditivos y otros usos similares.

2.3 Se debe tener cuidado en la interpretación del significado de las determinaciones de la resistencia a la compresión mediante este método de ensayo, por cuanto la resistencia no es una propiedad intrínseca fundamental del concreto elaborado con determinados materiales.

Los valores obtenidos dependen del tamaño y forma del espécimen, de la tanda, de los procedimientos de mezclado, de los métodos de muestreo, moldes y fabricación, así como de la edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado.

2.4 Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la norma.

2.5 Esta norma no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso, si los hay, es responsabilidad de quien la emplee establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicación de limitaciones regulatorias antes de su empleo.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

3.1 NTP 339.034 HORMIGON (CONCRETO), Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestra cilíndricas.

3.2 ASTM C 39- 39M-2005e2 Standard Test Method compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.

3.3 AASHTO T 22-2005 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete.

4.0 EQUIPO Y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

4.1.1 Máquina de Ensayo – La máquina de ensayo debe ser de un tipo tal, que tenga suficiente capacidad de carga y que reúna las condiciones de velocidad descritas en la Sección 6.5.

4.1.1.1 Se hará una verificación de la calibración de la máquina de ensayo de acuerdo con la norma ASTM E-4. "Práctica para la verificación de la carga de las máquinas de Ensayo"; en las siguientes situaciones:

- a) Al menos anualmente y nunca excedido de trece (13) meses.
- b) En la instalación original o en la relocalización de la máquina.
- c) Inmediatamente después de hacer reparaciones o ajustes que puedan afectar de cualquier modo la operación del sistema de pesas o los valores mostrados, excepto para el ajuste a cero que compensa el peso propio del equipo o del espécimen, o ambos.
- d) Cuando quiera que haya una razón para dudar de la exactitud de los resultados, sin tener en cuenta el intervalo de tiempo desde la última verificación.

4.1.1.2 Diseño – La máquina debe operar eléctricamente y aplicar la carga de una manera continua y no en forma intermitente, y sin choques. Si sólo tiene una velocidad de carga (que cumpla los requisitos de la Sección 6.5), deberá estar provista de medios suplementarios para cargar a una velocidad apropiada para la verificación. Estos medios suplementarios de carga se pueden operar manualmente o por medio de motor.

El espacio disponible para los especímenes debe ser lo suficientemente grande para acomodar, en posición legible, un aparato de calibración elástica de suficiente capacidad para cubrir el intervalo potencial de carga de la máquina de ensayo y que

cumpla con los requisitos de la norma ASTM E 74. Los aparatos de calibración elástica generalmente disponibles y más comúnmente usados para este propósito, son el anillo de carga circular de ensayo y las celdas de carga.

4.1.1.3 Precisión – La precisión de la máquina de ensayo debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a) El porcentaje de error de las cargas dentro del rango propuesto para la máquina, no debe exceder del $\pm 1,0\%$ de la carga indicada.
- b) La precisión de la máquina de ensayo se debe verificar aplicando cinco (5) cargas de ensayo en cuatro (4) incrementos aproximadamente iguales en orden ascendente. La diferencia entre dos cargas de ensayo sucesivas cualesquiera no debe exceder en más de un tercio de la diferencia entre la máxima y la mínima carga de ensayo.
- c) La carga del ensayo tal y como se indica por la máquina de ensayo y la carga aplicada calculada a partir de las lecturas de los elementos de verificación, se deben registrar en cada punto de ensayo. Se debe calcular el error, E, y el porcentaje de error, Ep, para cada punto de estos datos como sigue:

$$E = A - B$$

$$Ep = 100 \frac{A - B}{B}$$

Donde:

A = carga, kN (o lbf) indicada por la máquina que está siendo verificada, y

B = carga aplicada, kN (o lbf) determinada por el elemento de calibración.

En el informe sobre la verificación de una máquina de ensayo, se debe consignar dentro de qué intervalo de carga se encontró que se ajustaba a los requisitos de la especificación, en lugar de informar una aceptación o rechazo general. En ningún caso el intervalo de carga deberá incluir cargas por debajo del valor que sea 100 veces el cambio más pequeño de carga que pueda estimar el mecanismo indicador de carga de la máquina de ensayo o cargas dentro de aquella porción del intervalo por debajo del 10% de la máxima capacidad del mismo.

- d) En ningún caso se debe consignar el intervalo de carga incluyendo cargas por fuera del rango de las cargas aplicadas durante el ensayo verificación.

e) La carga indicada por la máquina de ensayo no se debe corregir ni mediante cálculos, ni mediante el uso de diagramas de calibración para obtener valores dentro de la variación permisible requerida.

4.1.2 La máquina de ensayo debe estar equipada con dos bloques de carga, de acero con caras endurecidas (Nota 1), uno de los cuales es un bloque con rótula el cual descansa sobre la superficie superior de la muestra, y el otro un bloque sólido sobre el cual se colocará el espécimen. Las superficies de los bloques que estarán en contacto con el espécimen deben tener una dimensión al menos 3% mayor que el diámetro del espécimen a ensayar. Excepto para los círculos concéntricos descritos a continuación, las caras de carga no se deben separar del plano en más de 0,02 mm (0,001") en cualquiera de los 150 mm (6") de los bloques de 150 mm (6") de diámetro o mayores, o en más de 0,02 mm (0,001") de cualquier bloque con diámetro más pequeño; los bloques nuevos se deben fabricar con la mitad de estas tolerancias.

Cuando el diámetro de la cara de carga con rótula exceda el diámetro del espécimen en más de 13 mm (0,5"), se deben inscribir círculos concéntricos con una profundidad no mayor de 0,8 mm (0,03") y un ancho no mayor a 1,0 mm (0,04") para facilitar el centrado.

Nota 1. La dureza "Rockwell" de las caras de los bloques de carga utilizados para este ensayo no debe ser menor de 55 HRC

4.1.2.1 El bloque inferior de carga debe cumplir los siguientes requisitos:

a) Debe ser adecuado para proveer una superficie maquinada que cumpla con los requerimientos anteriormente indicados (Nota 2). Las superficies superiores e inferiores deben ser paralelas una a la otra. El bloque se debe poder asegurar a la platina de la máquina de ensayo. Su dimensión horizontal menor debe ser al menos 3% mayor que el diámetro del espécimen ensayado. Los círculos concéntricos que se describen en la Sección 4.1.2 son opcionales.

b) Se hará un centrado final con respecto al bloque superior cuando se use el bloque inferior para ayudar al centrado del espécimen. El centro de los anillos concéntricos, cuando éstos existan, o el centro del bloque mismo debe estar directamente debajo del centro de la rótula.

c) El bloque de carga inferior debe tener al menos 25 mm (1") de espesor cuando sea nuevo, y al menos 22,5 mm (0,9") después de cualquier operación de afinado de

la superficie, excepto cuando esté en completo e íntimo contacto con la platina interior de la máquina de ensayo, caso en el cual el espesor podrá ser de solo 10 mm (0,38”).

Nota 2. Si la máquina de ensayo está diseñada de tal forma que la plataforma sola se pueda mantener con su superficie en las condiciones especificadas, no se requerirá un bloque inferior.

4.1.2.2 El bloque de carga con rótula debe cumplir los siguientes requisitos:

a) El diámetro máximo de la cara de carga del bloque con rótula no debe exceder los valores que se dan a continuación:

Tabla 1

Especificaciones de diámetro de la cara de carga.

Diámetro del espécimen de ensayo, mm (pulg)	Diámetro máximo de la cara de carga, mm (pulg)
50 (2)	105 (4)
75 (3)	130 (4)
100 (4)	165 (6,5)
150 (6)	255 (10)
200 (8)	280 (11)

Nota 3. Se aceptan las superficies cuadradas, siempre y cuando el diámetro máximo del círculo inscrito más grande no exceda el diámetro indicado en la tabla.

b) El centro de la rótula debe coincidir con el de la superficie de la cara de carga dentro de una tolerancia de $\pm 5\%$ del radio de la rótula. El diámetro de la rótula debe ser, al menos, el 75% del diámetro de la muestra que se va a ensayar.

c) La rótula debe ser diseñada de tal forma que el acero en el área de contacto no sufra deformaciones permanentes debido al uso, con cargas de hasta 82,7 MPa (12,000 psi) sobre el espécimen de prueba.

d) Las superficies de la rótula se deben mantener limpias y lubricadas con aceite de motor convencional. Después de entrar en contacto con el espécimen y de aplicar una pequeña carga inicial, se debe evitar cualquier movimiento adicional del bloque con rótula.

e) Si el radio de la rótula es más pequeño que el radio del espécimen más grande a ser ensayado, la porción de la superficie de carga que se extiende más allá de la rótula debe tener un espesor no menor que la diferencia entre el radio de la esfera y

el radio del espécimen. La menor dimensión de la superficie de carga debe ser al menos igual que el diámetro de la rótula (Ver Figura 1).

f) La porción móvil del bloque de carga se debe sostener lo más segura que sea posible, pero el diseño debe ser tal que la cara de carga pueda girar libremente e inclinarse al menos 4° en cualquier dirección.

4.1.3 Indicador de Carga – Si la carga de una máquina de compresión usada en el ensayo de concreto se registra en un dial, éste debe tener una escala graduada que permita leer con una precisión del 0,1% de la carga total de la escala.

(Nota 4). El dial debe ser legible dentro del 1% de la carga indicada a cualquier nivel de carga dado dentro del intervalo de carga. En ningún caso se debe considerar el intervalo de carga de un dial que incluya cargas por debajo del valor que sea 100 veces el más pequeño cambio de carga que se pueda leer sobre la escala. La escala debe tener una línea y un número que indique el cero (0). El puntero debe tener una longitud tal, que alcance las marcas indicadoras.

El espesor del extremo del puntero no debe exceder la distancia libre entre las graduaciones más pequeñas. Cada dial debe estar equipado con un dispositivo de ajuste al cero, accesible desde afuera, y con un indicador apropiado para que en todo momento y hasta cuando sea reiniciado indique, con una exactitud del 1%, la carga máxima aplicada al espécimen.

Nota 4. La distancia más cercana, razonablemente legible se considera que es 0,5 mm (0,02") a lo largo del arco descrito por el extremo del puntero.

Si la máquina de ensayos indica la carga en forma digital, el número debe ser suficientemente grande para que sea legible, con un incremento numérico igual o menor al 0,05% de la carga total de la escala y dentro del 1,0% de la carga indicada en cualquier nivel dentro del rango de valores de carga dados.

Se deben realizar los ajustes para que la aguja señale el cero verdadero cuando se encuentre con carga cero (0). Se debe proveer un indicador de carga máxima que, en todo momento, hasta cuando la máquina sea reiniciada, indique con una precisión del 1%, la carga máxima que fue aplicada al espécimen.

5.0 MUESTRA

5.1 Las muestras no se deben ensayar si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro en más de 2% (Nota 5).

Nota 5. Esto puede ocurrir cuando uno de los moldes sea dañado o deformado durante su transporte, cuando se usen moldes flexibles y éstos se deformen durante el moldeo, o cuando una muestra proveniente del núcleo se defleccione o tuerza durante el proceso de perforación.

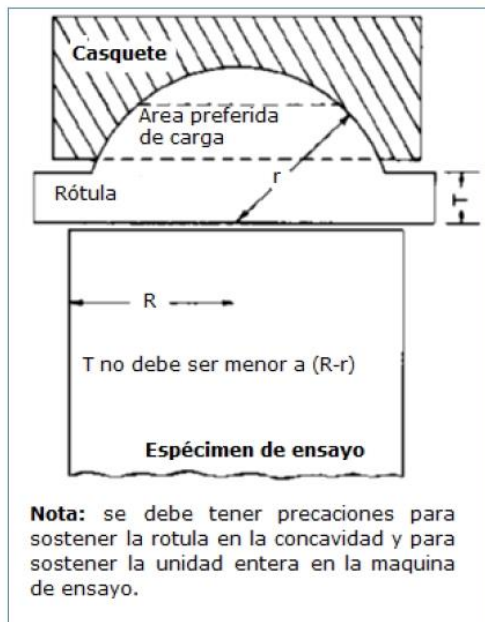


Figura 1 Dibujo esquemático de un bloque de carga típico con rótula

5.2 Ninguna de las muestras ensayadas a compresión se debe separar de la perpendicularidad del eje en más de $0,5^\circ$ (equivalentes a 3 mm en 300 mm (0,12" en 12") aproximadamente). El extremo de una muestra que no sea plana en 0.05 mm (0,002") debe ser refrentado de acuerdo a lo indicado por la norma MTC E 703 o cuando se le permita la NTP 339.216. El diámetro usado para calcular el área de la sección transversal de la muestra se debe determinar con una precisión de 0,25mm (0,01"), promediando los dos diámetros medidos en ángulo recto uno con respecto al otro y en la mitad del espécimen.

5.3 El número individual de cilindros medidos para la determinación del diámetro promedio se puede reducir a uno por cada diez especímenes o tres especímenes por día, lo que sea mayor, si se sabe que todos los cilindros han sido hechos con un único lote de moldes reutilizables que consistentemente producen especímenes de diámetro promedio en una variación de 0,50 mm (0,02"). Cuando el diámetro promedio con un rango de variación de 0,50 mm o cuando los cilindros no están hechos con un único lote de moldes, cada cilindro

ensayado se debe medir y el valor encontrado ser usado en los cálculos de la resistencia a la compresión de cada muestra.

Cuando los diámetros son medidos con frecuencia reducida, el área de los cilindros ensayados en un determinado día se calculará como el promedio de la de los tres (3) o más cilindros que representan el grupo ensayado dicho día.

5.4 Si el cliente que requiere los servicios solicita la determinación de la densidad de la muestra, se debe determinar la masa de la muestra antes del refrentado. Se debe remover cualquier humedad de la superficie con una toalla y medir la masa de la muestra usando una balanza o báscula con una precisión del 0,3% de la masa que esté siendo medida. Se debe medir la longitud de la muestra con una aproximación de 1 mm (0,05") en tres partes espaciadas regularmente alrededor de la circunferencia. Se debe sacar un promedio de la longitud con una precisión de 1mm (0,05"). Alternativamente, se puede determinar la densidad del cilindro pesándolo en el aire y luego en el agua a $23^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{ C}$, y calculando el volumen de acuerdo con lo indicado en la Sección 6.3.

Cuando no se requiera determinar la densidad y la relación longitud/diámetro del cilindro sea menor de 1,8 ó mayor de 2,2 la longitud de éste se deberá medir con una aproximación de 0,05 D.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 El ensayo de compresión de muestras curadas en agua se debe hacer inmediatamente después de que éstas han sido removidas del lugar de curado.

6.2 Las muestras se debe n mantener húmedas utilizando cualquier método conveniente, durante el período transcurrido desde su remoción del lugar de curado hasta cuando son ensayadas. Se deberán ensayar en condición húmeda.

6.3 Todos los especímenes de una edad determinada, se deben romper dentro de las tolerancias indicadas a continuación:

Tabla 2

Tolerancias de edad de ensayo de los especímenes.

Edad del Ensayo	Edad del Ensayo
12 horas	0,25 o 2,1%
24 horas	± 0,5 horas o 2,1 %
3 días	2 horas ó 2,28%
7 días	6 horas ó 3,6%
28 días	20 horas 3,0%
56 días	40 horas ó 3,0%
90 días	2 días ö 2,2%

6.4 Colocación de la Muestra – Se coloca el bloque de carga inferior sobre la plataforma de la máquina de ensayo, directamente debajo del bloque superior.

Se limpian con un paño las superficies de los bloques superior e inferior y se coloca el espécimen sobre el bloque inferior.

Se alinea cuidadosamente el eje del espécimen con el centro de presión del bloque superior. El bloque con rótula se debe rotar inmediatamente antes de proceder al ensayo, para asegurar la libertad de movimiento requerida en la Sección 2.2.

Antes de ensayar el espécimen se debe verificar que el indicador de carga esté ajustado en cero.

6.5 Velocidad de Carga – Se aplica la carga continuamente sin golpes bruscos.

La carga se deberá aplicar a una velocidad correspondiente a una tasa de aplicación de carga comprendida en el rango de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s (35 ± 7 psi/s). La velocidad escogida se debe mantener, al menos, durante la segunda mitad del ciclo de ensayo, para la fase de carga prevista. Sin embargo, no se deberá ajustar la velocidad de movimiento a medida que se está alcanzando la carga última y la tasa de aplicación de carga decrece debido al agrietamiento del cilindro.

Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga prevista, se permite una velocidad de carga mayor, siempre que ésta se controle para evitar cargas por impacto.

Nota 6. Para máquinas de tipo tornillo o de deformación controlada, se requiere un ensayo preliminar para establecer la velocidad de movimiento requerida para generar la tasa de carga especificada. Dicha velocidad dependerá del tamaño del cilindro, del módulo elástico del concreto y de la rigidez de la máquina de ensayo.

6.6 Se aplica la carga hasta que el indicador señale que ella comienza a decrecer de manera continua y el cilindro muestra un patrón de falla bien definido (Figura 2). Si se usa una máquina equipada con un detector de rotura del espécimen no se permitirá su reconexión hasta que la carga haya caído a un valor menor de 95% de la máxima. Cuando se ensayan cilindros sin refrentar, puede ocurrir una fractura de esquina antes de alcanzar la carga última; en tal caso se debe continuar la compresión hasta que se tenga la certeza de haber alcanzado la carga última.

Se registra la carga máxima soportada por el cilindro durante el ensayo y se anota el patrón de falla de acuerdo con los modelos de la Figura “, si se ajusta a alguno de ellos. En caso contrario se harán un dibujo y una descripción del tipo de falla producido.

Si la resistencia medida es muy inferior a la esperada, se examina el cilindro para detectar zonas con vacíos o con evidencias de segregación o si la fractura atraviesa partículas del agregado grueso y se verifican, también, las condiciones del refrentado.

7.0 CÁLCULOS E INFORME

7.1 CÁLCULOS

7.1.1 Se calcula la resistencia a la compresión, dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo, por el promedio del área de la sección transversal determinada en la forma descrita en la Sección 4.1.3, y expresando el resultado con una aproximación de 0,1 MPa (10 psi).

7.1.2 Si la relación entre la longitud del espécimen y su diámetro es 1,75 o menor, se corrige el resultado obtenido en la Sección 6.1, multiplicándolo por el factor apropiado de los que se indican a continuación (Nota 7):

L/D	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor	0,98	0,96	0,93	0,87

Nota 7. Estos factores de corrección se aplican a concretos livianos que pesen entre 1600 y 1920 kg/m³ y a concretos de peso normal. Se aplican a concretos secos o húmedos en el momento de la carga. Los valores que no se dan en la tabla se pueden obtener por interpolación. Los factores de corrección se aplican a concretos con una resistencia entre 15 y 45 MPa (2000 a 6000 Psi). Para concretos de resistencia superior a 45 MPa (6000 psi) los factores de corrección pueden ser mayores que los

mostrados en la tabla. Ver referencia: Barlett, F.M. y J.G. MacGregor. "Effect of Core Length-to-Diameter Ratio on Concrete Core Strength." ACI Materials Journal, Vol. 91, No. 4, July-August, 1994, pp. 339-348.

7.1.3 Cuando se requiera, se calculará la densidad de la muestra con una precisión de 10 kg/m³

(1lb/pie³), de la siguiente manera:

$$densidad = \frac{W}{V}$$

Donde:

W = masa aparente de la muestra sumergida, kg (lb)

V = volumen de la muestra calculado con el diámetro promedio y la longitud promedio o pesando el cilindro en el aire y sumergido en agua, m³ (pie³)

Cuando el volumen es calculado sumergiendo la muestra, se determina de la siguiente manera:

$$V = \frac{W - W_s}{Y_w}$$

Donde:

W = masa de la muestra, kg (lb), y

Y_w = densidad del agua a 23° C = 997,5 kg/m³ (62,27lbs/pie³).

7.2 INFORME

El informe de los resultados deberá incluir:

7.2.1 Número de identificación del cilindro.

7.2.2 Diámetro (y longitud, si está por fuera del rango de 1,8D a 2,2D) en mm o pulgadas.

7.2.3 Área de la sección transversal (cm² o pulgada²).

7.2.4 Carga máxima (KN o lbf).

7.2.5 Resistencia a la compresión (MPa o psi), con una precisión de 0,1MPa (10 psi).

7.2.6 Edad del espécimen.

7.2.7 Defectos en el refrentado del espécimen.

7.2.8 Cuando se determine, la densidad con una precisión de 10 kg/m³ (1lb/pie³)

7.2.9 Tipo de falla (Figura 2).

8.0 PRECISION Y DISPERSION

8.1 PRECISION

8.1.1 La precisión de los ensayos efectuados por un solo operador sobre cilindros individuales de 150 mm por 300 mm (6" x 12") elaborados de una buena muestra de concreto, para cilindros hechos en el laboratorio y bajo condiciones normales de campo, está dada en la tabla siguiente:

Un solo operador	Coeficiente de Variación	Rango aceptable de	
		Dos resultados	Tres resultados
Condiciones de laboratorio	2,37%	6,6%	7,8%
Condiciones de campo	2.87%	8.0%	9.5%

Los valores dados son aplicables a cilindros de 150 mm por 300 mm (6" x 12") con resistencia a la compresión entre 15 MPa y 55 MPa (2000 psi y 8000 psi).

8.2 DISPERSIÓN

8.2.1 Tolerancias – Como no existe un material de referencia aceptado para la determinación de las tolerancias, no se hace ninguna declaración sobre el particular.

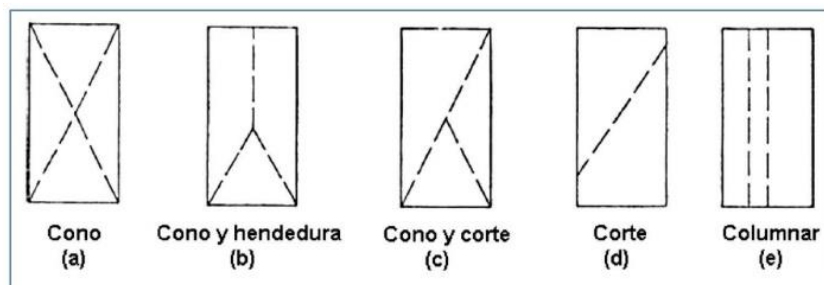


Figura 2. Esquemas de los tipos de falla

MTC E 708. NTP 339.084 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del hormigón, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.

1.0 OBJETO

1.1 Establecer el procedimiento de ensayo de tracción indirecta de cilindros normales de concreto (diámetro = 150 ± 3 mm y longitud = 300 ± 6 mm).

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

2.1 Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la norma. Esta norma no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien la emplee, establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicación de limitaciones regulatorias antes de su empleo.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

3.1 NTP 339.084 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del hormigón, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.

3.2 ASTM C 496 Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens.

3.3 AASHTO T 192 Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens.

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 Equipos

4.1.1 Máquina de ensayo – La máquina de ensayo se ajustará a los requerimientos de la norma

MTC E 704 y deberá tener la suficiente capacidad para aplicar la carga que se describe más adelante en la Sección 6.4.

4.1.2 Platina de apoyo suplementaria – Si el diámetro o la mayor dimensión de las placas de apoyo, inferior y superior, es menor que la longitud del cilindro para ensayo, se debe usar una platina suplementaria de acero maquinado. Las superficies de la platinas deben ser planas dentro de una tolerancia de 0,025 mm (0,001 pulg), medida sobre cualquier línea de contacto del área de apoyo.

Debe tener un ancho, por lo menos, de 51 mm (2 pulg) y espesor no menor a la distancia entre el borde de las placas de apoyo y el extremo del cilindro. La platina se debe colocar de tal forma que la carga sea aplicada sobre la longitud total del cilindro.

4.1.3 Listones de apoyo – Deben ser dos tiras de cartón o dos listones de madera laminada, libres de imperfecciones, de 3,2 mm (1/8 pulg) de espesor, 25 mm (1 pulg) de ancho aproximadamente y longitud igual o ligeramente mayor que la del cilindro. Los listones de apoyo se deben colocar entre el cilindro de concreto y las placas superior e inferior de apoyo de la máquina de ensayo o entre el cilindro de concreto y la platina suplementaria, cuando ésta se utilice. Los listones de apoyo deben usarse solamente una vez.

5.0 MUESTRA

5.1 Especímenes de ensayo

5.1.1 Los especímenes se prepararán y fabricarán de acuerdo con los métodos de hechura y curado de especímenes de concreto para ensayos, en el laboratorio o en el campo. Los especímenes curados en cuarto húmedo, en el período comprendido entre su extracción del ambiente del cuarto y su ensayo, se deberán cubrir con una manta, cáñamo o yute húmedo, y serán ensayados en condiciones húmedas, tan pronto como sea posible. Los núcleos deberán cumplir con el tamaño y las condiciones de curado estipuladas en la norma MTC E 707.

5.1.2 El siguiente procedimiento de curado será utilizado para la evaluación de concretos livianos: el espécimen ensayado a los 28 días, estará bajo condición de aire seco durante 21 días a $23,0^{\circ} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ de humedad relativa, después de 7 días de curado húmedo.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 Marcas – Se dibujan diámetros sobre cada extremo del espécimen, utilizando un aparato adecuado, que permita asegurar que se encuentran en el mismo plano axial (Figuras 1 y 2).

6.2 Medida de Diámetro y Longitud – El diámetro se determina con aproximación de 0,25 mm (0,1”) mediante el promedio de tres medidas realizadas una cerca a cada extremo y una en el centro del cilindro. La longitud se determina con aproximación de 0,25 mm (0,1”), mediante el promedio de por lo menos dos medidas.

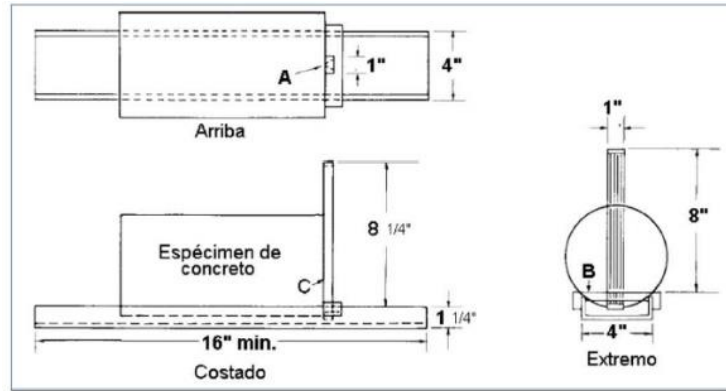


Figura 1. Vistas generales del equipo adecuado para la determinación del diámetro final usado para el alineamiento del espécimen en la máquina de prueba.

6.3 Colocación de los listones de apoyo (Figura 3) – Se coloca un listón de apoyo a lo largo del centro de la placa inferior. Se pone el cilindro sobre el listón, de tal manera que el punto de tangencia de las dos bases esté concentrado sobre la lámina de apoyo. Se coloca el segundo listón longitudinalmente sobre el cilindro, centrándolo en forma similar al anterior.

También se puede centrar el espécimen utilizando las marcas dibujadas así: colocado el listón inferior, se alinea el cilindro de forma que una de las líneas marcadas, quede centrada y vertical. El otro listón se coloca de forma que el punto de tangencia coincida con el otro extremo del diámetro vertical.

6.4 Velocidad de carga – Se aplica carga al cilindro en forma continua evitando impacto, a velocidad constante comprendida entre 689 kPa/min (100 lb/pulg²/min) y 1380 kPa/min (200 lb/pulg²/min) mientras se rompe el cilindro.

Por lo tanto, la velocidad de aplicación de carga para cilindros normales de 152 mm por 305 mm (6" por 12") está comprendida entre 50 y 100 kN/min (11300 y 22600 lbf). Se anota la carga de la máquina en el momento de rotura, lo mismo que el tipo de rotura y la apariencia del concreto.

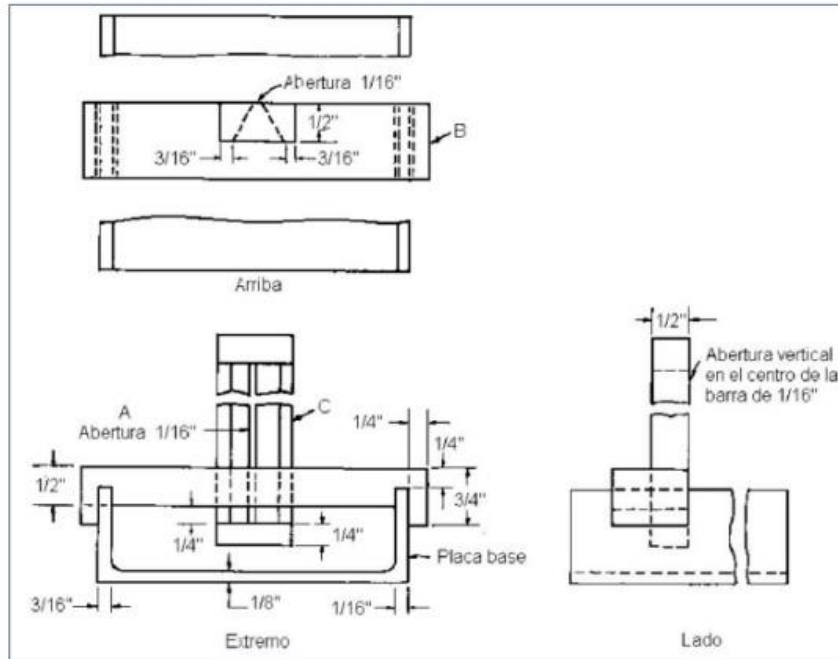


Figura 2. Detalle en planta del equipo adecuado para la determinación del diámetro final usado para el alineamiento del espécimen.



Figura 3. Cilindro colocado para ensayo de tensión indirecta

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

El esfuerzo de tracción indirecta del cilindro se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T = 2P/\pi Ld$$

Donde:

T = Esfuerzo de tracción indirecta, kPa (lb/pulg²).

P = Carga máxima indicada por la máquina de ensayo, kN (lbf).

L = Longitud del cilindro, m (pulg).

d = Diámetro del cilindro, m (pulg).

7.2 INFORME

El informe debe contener la siguiente información:

7.2.1 Identificación del cilindro.

7.2.2 Diámetro y longitud

7.2.3 Carga máxima, kN (lbf)

7.2.4 Edad del cilindro

7.2.5 Esfuerzo de tracción indirecta, calculado con aproximación a 35 kPa (5 lb/pulg²).

7.2.6 Porcentaje estimado de partículas de agregado fracturadas durante el ensayo.

7.2.7 Tipo de fractura si es diferente a la producida según un plano vertical.

7.2.8 Defectos en el cilindro.

7.2.9 Tipo de curado

8.0 PRECISION Y DISPERSION

8.1 PRECISION

8.1.1 No se ha realizado ningún estudio multilaboratorio de este método de ensayo. Datos de investigaciones disponibles, sin embargo, sugieren que el coeficiente de variación para un mismo lote es de 5% para muestras cilíndricas de 152 mm × 305 mm (6 pulg × 12 pulg) con un esfuerzo a la tracción indirecta promedio de 2,8 Mpa (405 psi). Los resultados de dos ensayos en el mismo material adecuadamente dirigidos, por consiguiente, no deberían diferir en más de 14% del promedio para esfuerzos a la tracción indirecta de 2,8 Mpa (400 psi).

8.2 DISPERSION

8.2.1 Tolerancias. No hay ningún estándar aceptado para la determinación de la tolerancia en este ensayo, ninguna declaración sobre tolerancia se ha hecho.

MTC E 709. NTP 339.078 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

1.0 OBJETO

1.1 Establecer el procedimiento que se debe seguir para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto, por medio del uso de una viga simple cargada en los tercios de la luz.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

2.1 Valor del módulo de rotura indicado en MPa (lb/pulg²) se considerará como el normalizado.

2.2 Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la norma.

2.3 Esta norma no pretende considerar los problemas de seguridad asociados con su uso, si los hay. Es responsabilidad de quien la emplee, establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes de su empleo.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

3.1 NTP 339.078 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

3.2 ASTM C 78 Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading).

3.3 AASHTO T 97 Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading).

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 Equipos

4.1.1 Máquina de ensayo – La máquina de ensayo deberá cumplir con los requerimientos del apéndice "Bases de verificación, Correcciones, e Intervalos de tiempo entre verificaciones". Las máquinas de ensayo operadas a mano con bombas que no suministren una carga continua en un recorrido, no serán permitidas. Se permitirán bombas con motor u operadas a mano, con desplazamiento positivo, que tengan suficiente volumen en un golpe continuo, para completar el ensayo sin requerir una nueva recarga, siempre y cuando sean capaces de aplicar las cargas a

una rata uniforme, sin interrupciones o discontinuidades. El método de carga en los tercios se deberá utilizar en la realización de ensayos de flexión, empleando bloques de carga, los cuales asegurarán que las fuerzas aplicadas a la viga sean perpendiculares a la cara del espécimen y sin excentricidad. En la Figura 1 se muestra un diagrama del aparato que cumple con este propósito.

4.1.2 Todos los aparatos utilizados en el ensayo de flexión del concreto deben ser capaces de mantener la longitud especificada de la luz entre apoyos y las distancias entre los bloques de aplicación de carga y los bloques de apoyo constantes, con una tolerancia de $\pm 1,3$ mm ($\pm 0,05$ pulg).

4.1.3 Las reacciones deberán ser paralelas a la dirección de las fuerzas aplicadas en todo momento durante el ensayo y la relación entre la distancias del punto de aplicación de la carga a la reacción más cercana y la altura de la viga, no deberá ser menor que $1,0 \pm 0,03$.

4.1.4 Si se usa un aparato similar al que se ilustra en la Figura 1 se tendrá en cuenta lo siguiente:

4.1.4.1 Los bloques de aplicación de carga y de apoyo no tendrán más de 64 mm (2,5 pulg) de altura, medida desde el centro o eje del pivote, y se debe extender completamente a través o más allá del ancho completo del espécimen. Cada superficie endurecida de carga en contacto con la muestra no se debe separar del plano en más de 0,05 mm (0,002 pulg) y deberá ser una porción de un cilindro, el eje del cual deberá coincidir con el eje de la barra o con el centro de la esfera en el cual el bloque se encuentre pivoteado. El ángulo subtendido por la superficie curva de cada bloque debe ser de 45° (0,79 rad), como mínimo.

4.1.4.2 Los bloques de aplicación de carga y de apoyo se deberán mantener en posición vertical y en contacto con la barra o esfera por medio de tornillos cargados con resortes, que los mantienen en contacto con la barra o esfera de pivotaje.

4.1.4.3 El plato de carga superior y la esfera del punto central en la Figura 1 se pueden omitir cuando se use un bloque apoyado sobre una rótula, siempre que se usen una barra y una esfera como pivotes para los bloques superiores de aplicación de carga.

Los especímenes de ensayo deben cumplir con los requerimientos de la norma MTC E 702 "Elaboración y curado de muestras de concreto para ensayos de laboratorio".

Las muestras deben tener una distancia libre entre apoyos de al menos, tres veces su altura, con una tolerancia del 2%. Los lados de la muestra deben formar ángulos rectos con las caras superior e inferior. Todas las superficies en contacto con los bloques de aplicación de carga y de soporte deben ser suaves y libres de grietas, identificación.

5.0 MUESTRA

5.1 Los especímenes de ensayo deben cumplir con los requerimientos de la norma MTC E 702 "Elaboración y curado de muestras de concreto para ensayos de laboratorio".

5.2 Las muestras deben tener una distancia libre entre apoyos de al menos, tres veces su altura, con una tolerancia del 2%. Los lados de la muestra deben de la muestra deben formar ángulos rectos con las caras superior e inferior. Todas las superficies en contacto con los bloques de aplicación de carga y de soporte deben ser suaves y libres de grietas, indotaciones, agujeros o inscripciones.

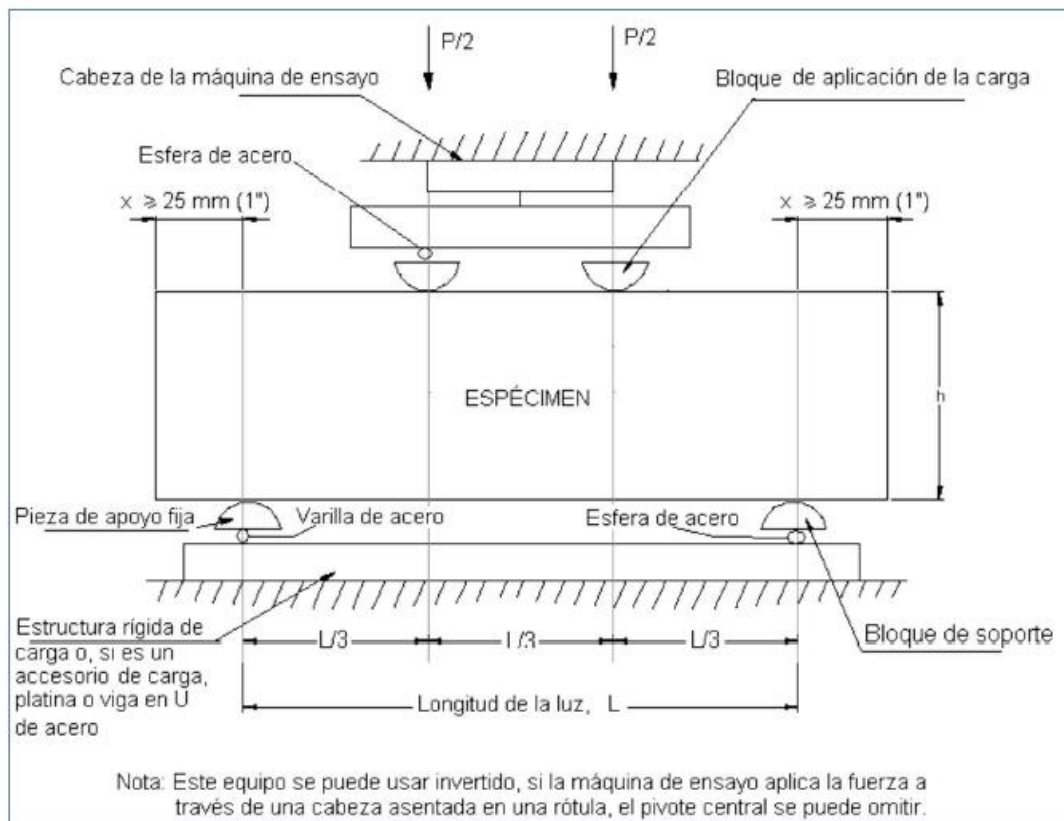


Figura 1. Esquema de un equipo adecuado para el ensayo de flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios de la luz.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 Se gira la muestra sobre un lado con respecto a su posición de moldeo y se centra sobre los bloques de carga. Se centra el sistema de carga con relación a la fuerza aplicada. Se ponen los bloques de aplicación de carga en contacto con la superficie del espécimen en los puntos tercios entre los soportes y se aplica una carga entre el 3% y el 6% de la carga última estimada. Utilizando calibradores de la mina normalizados de 0,1 mm (0,004 pulg) y de 0,38mm (0,015 pulg"), se determina si en una longitud de 25 mm (1 pulg) o más larga, se presenta un vacío entre la muestra y la superficie del bloque, mayor o menor al espesor de los calibradores. Se pulen o refrentan las superficies de contacto de la muestra, o se rellenan con láminas de cuero para eliminar cualquier vacío o separación mayor a 0,1 mm (0,004 pulg). Las láminas de cuero deben tener un espesor uniforme de 6,4 mm (0,25 pulg) y un ancho de 25 a 50 mm (1 a 2 pulg), y se deben extender a l ancho total de la muestra. Las separaciones mayores de 0,38 mm (0,015 pulg) deberán ser eliminadas sólo por refrentado o limado de la superficie. Se recomienda minimizar el pulimento de las superficies laterales de la muestra, ya que esto puede variar las características físicas de ésta y afectar los resultados del ensayo.

6.2 La carga se debe aplicar de manera continua sin sobresaltos, a una rata que incremente constantemente el esfuerzo de la fibra extrema entre 0,9 MPa/min y 1,2 MPa/min, hasta que ocurra la rotura. La rata de incremento de la carga se calcula usando la siguiente ecuación:

$$r = \frac{Sb d^2}{L}$$

Donde:

r = rata de carga, MN/min (lb/min).

S = rata de incremento de la tensión en la fibra extrema, MPa/min (psi/min).

b = ancho promedio de la muestra, mm (pulg).

d = altura promedio de la muestra, mm (pulg) y

L = longitud de la luz de la muestra, mm (pulg).

6.3 Medición de la muestra después del ensayo.

6.3.1 Se toman tres medidas de cada dimensión (una en cada borde y en el centro) con una precisión de 1,3 mm (0,05") para determinar el ancho promedio, la altura promedio y la localización de la línea de fractura del espécimen en la sección de falla.

6.3.2 Si la fractura ocurre en una sección refrentada, el espesor del refrentado se deberá incluir en la medida.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

7.1.1 Si la fractura se inicia en la zona de tensión, dentro del tercio medio de la luz libre, el módulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \cdot l}{b \cdot d^2}$$

Donde:

R = módulo de rotura KPa (psi),

P = máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo N(lbf),

l = longitud libre entre apoyos mm, (pulg),

b = ancho promedio de la muestra mm, (pulg), y

d = altura promedio de la muestra mm, (pulg), incluyendo el espesor refrentado, si corresponde.

7.1.2 Si la fractura ocurre en la zona de tensión, fuera del tercio medio de la luz libre, a una distancia no mayor del 5% de la luz libre, se calcula el módulo de rotura de la siguiente forma:

$$R = \frac{3P \cdot a}{b \cdot d^2}$$

Donde:

a = distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano, medida sobre la zona de tensión de la viga, mm.

7.1.3 Si la fractura ocurre en la zona de tensión y fuera del tercio medio de la luz libre en más del

5% de la luz libre, no se deberán tener en cuenta los resultados del ensayo.

7.2 INFORME

El informe debe contener la siguiente información:

- 7.2.1 Número de identificación de la muestra.
- 7.2.2 Ancho promedio, con una precisión de 1,0 mm (0,05").
- 7.2.3 Altura promedio, con una precisión de 1,0 mm (0,05").
- 7.2.4 Longitud de la luz, en mm (pulg).
- 7.2.5 Máxima carga aplicada en N (lbf).
- 7.2.6 Módulo de rotura calculado con una precisión de 0,05 MPa (5 psi).
- 7.2.7 Datos relativos al curado y condición de humedad aparente en el momento del ensayo.
- 7.2.8 Datos relativos al pulimento, refrentado, o uso de láminas de cuero.
- 7.2.9 Defectos del espécimen.
- 7.2.10 Edad del espécimen.

8.0 PRECISION Y DISPERSION

8.1 PRECISION

8.1.1 Se ha observado que el coeficiente de variación de los resultados del ensayo depende del nivel de carga de las vigas. Se ha encontrado que para un solo operador, el coeficiente de variación es 5,7%. Por consiguiente, los resultados de dos ensayos realizados apropiadamente por el mismo operador en vigas hechas de la misma tanda no deberían diferir el uno del otro en más de 16%. Se ha encontrado que para ensayos multilaboratorio el coeficiente de variación es de 7%. Por consiguiente, los resultados de dos laboratorios diferentes sobre vigas obtenidas de la misma tanda no deberían diferir uno del otro en más del 19%.

8.2 DISPERSION

8.2.1 Tolerancias. No hay ningún estándar aceptado para la determinación de la tolerancia en este ensayo, por lo que no se hace ninguna declaración sobre tolerancia.

APENDICE A

A.1 BASES DE VERIFICACIÓN

A.1.1 El porcentaje de error de las cargas dentro del rango de carga de la máquina de ensayo no debe exceder de $\pm 1,0$. Esto quiere decir que el informe de la verificación de una máquina de ensayo, indicará el rango verificado de carga dentro del cual puede ser utilizada, en lugar de informar la aceptación o rechazo total. En

máquinas que tengan múltiples rangos de capacidad, se debe indicar cada rango de carga verificado.

A.1.2 Al establecer el límite inferior de un rango de carga verificado por debajo del 10% de la capacidad del rango, se requieren aplicaciones repetidas de la carga. La diferencia algebraica entre el más alto porcentaje de error y el más bajo, no debe ser superior a 1,0. Esto significa que para establecer el límite inferior de un rango de carga verificado a menos del 10% de la capacidad de aquél rango, los errores para una serie de 5 lecturas no excederán del 1%, pero tampoco dos errores podrán diferir en más del 1%. Si el error mínimo en esta serie es -1,0%, el máximo error no debe exceder de 0,5%. Si el error mínimo es -0,5%, el máximo error no debe exceder de +1,0%, etc.

A.1.3 En ningún caso, el rango verificado de carga se señalará como incluyendo las cargas por debajo del valor que sea 100 veces el cambio más pequeño de la carga que puede fácilmente estimarse en el indicador de carga de la máquina de ensayos. Esto significa que en una máquina de ensayo que tiene graduaciones tan separadas que las estimaciones se pueden hacer a 1/10 de división, el rango verificado de carga no se deberá extender hacia abajo a una carga menor que la correspondiente a 1/10 de división. Si las graduaciones en la escala indicadora de carga se pueden estimar sólo a 2 divisiones, el rango de carga verificado podría no extenderse hacia abajo más allá de la carga correspondiente a 200 divisiones. En la mayoría de las máquinas, la menor carga que se puede medir se encuentra dentro de los dos ejemplos citados.

A.1.4 En ningún caso, el rango de carga verificado debe señalarse como incluyendo cargas fuera del rango de cargas aplicadas durante el ensayo de verificación.

A.1.5 Las máquinas de ensayo pueden ser más o menos exactas que el porcentaje permitido de error del 1%.

A.2 CORRECCIONES

La carga indicada de una máquina de ensayos que excede la variación permitida no se corregirá, mediante cálculos ni mediante diagramas de calibración, para obtener valores dentro de la variación permisible requerida.

A.3 INTERVALO DE TIEMPO ENTRE VERIFICACIONES

A.3.1 Se recomienda que las máquinas de ensayo se verifiquen anualmente o más frecuentemente si se requiere. En ningún caso, el intervalo de tiempo entre

verificaciones debe exceder de 18 meses (excepto en máquinas en las que se está ensayando una prueba con duración mayor a 18 meses). En tales casos, la máquina se debe verificar después de terminar el ensayo.

A.3.2 Se requiere una verificación inmediatamente después de que la máquina ha sido relocalizada, y siempre que exista una razón para dudar de la exactitud de los resultados de la carga indicados por la máquina, sin importar el tiempo transcurrido desde la última verificación.

ANEXO 03

RECOLECCIÓN DE DATOS

Diseño de mezcla.

Se analizaron las características de los agregados fino y grueso para determinar el diseño de mezcla.

Tabla N°13. Análisis granulométrico del agregado fino-arena.

		Desing. del Tamiz US	A Peso Retenido gr,	B % Pasante	% Mas Grueso	% Mas Fino	PESO TOTAL DE LA MUESTRA (P.T.M.) 279.2 gr,	
TAMIZADO USANDO EL P.T.M.	PIEDRA O CANTOS	4						
		3	0.00	0.00	0.00	100.00		
	GRAVA	GRUESA	1 1/2	0.00	0.00	0.00	100.00	
			1	0.00	0.00	0.00	100.00	
			3/4	0.00	0.00	0.00	100.00	
			1/2	0.00	0.00	0.00	100.00	
		FINA	3/8	0.00	0.00	0.00	100.00	
			1/4	0.00	0.00	0.00	100.00	
			Nº 4	0.00	0.00	0.00	100.00	
			Nº 8	50.6	18.12	18.12	81.88	
	MEDIA	FINA	Nº 10	20.4	7.31	25.43	74.57	
			Nº 12	16.6	5.95	31.38	68.62	
			Nº 16	30.5	10.92	42.30	57.70	
			Nº 20	24.2	8.67	50.97	49.03	
			Nº 30	36.7	13.14	64.11	35.89	
			Nº 40	18.3	6.55	70.67	29.33	
			Nº 50	10.3	3.69	74.36	25.64	
			Nº 60	14.6	5.23	79.58	20.42	
			Nº 100	33.1	11.86	91.44	8.56	
Nº 200			19.5	6.98	98.42	1.58		
	P Nº 200	4.4	1.58	100.00	0.00			
		279.20	100.00					

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo.

De la tabla N°13 se verifica que el agregado fino contiene en su mayoría granos de porcentajes retenidos con tamaño relativo a la malla N°8 con un 81.88%, seguido de la malla N°10 con 74.57%, 68.62% retenido en la malla N°12 siendo estos lo de mayor porcentaje retenido.

Tabla N°14. Análisis granulométrico del agregado grueso- piedra.

		Desing. del Tamiz US	A Peso Retenido gr.	B % Pasante	% Mas Grueso	% Mas Fino	PESO TOTAL DE LA MUESTRA		
TAMIZADO USANDO EL P.T.M.	PIEDRA O CANTOS	4					(P.T.M.) 315.2 gr,		
		3	0.00	0.00	0.00	100.00			
	GRAVA	GRUESA	1 1/2	0.00	0.00	0.00	100.00		
			1	0.00	0.00	0.00	100.00		
			3/4	118.30	37.53	37.53	62.47		
		FINA	1/2	152.70	48.45	85.98	14.02		
			3/8	36.00	11.42	97.40	2.60		
			1/4	8.20	2.60	100.00	0.00		
			Nº 4	0	0.00	100.00	0.00		
	MEDIA	Nº 8	0	0.00	100.00	0.00			
		Nº 10	0	0.00	100.00	0.00			
		Nº 12	0	0.00	100.00	0.00			
		Nº 16	0	0.00	100.00	0.00			
		Nº 20	0	0.00	100.00	0.00			
Nº 30		0	0.00	100.00	0.00				
Nº 40		0	0.00	100.00	0.00				
FINA		Nº 50	0	0.00	100.00	0.00			
		Nº 60	0	0.00	100.00	0.00			
		Nº 100	0	0.00	100.00	0.00			
	Nº 200	0	0.00	100.00	0.00				
	P Nº 200	0	0.00	100.00	0.00				
			315.20	100.00					

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo.

De la tabla N°14 se obtiene que el agregado grueso está compuesto de un 62.47% retenido en la malla ¾", 14.02% retenido en la malla ½" y 2.6% de granos retenidos en la malla 3/8".

Tabla N°15. Peso unitario suelto de la arena.

ENSAYO N°	01	02	03
NUMERO DE MOLDE	I	II	III
PESO SUELO SECO + MOLDE (Kg)	7.61	18.80	18.78
PESO DEL MOLDE (Kg)	2.33	2.33	2.33
PESO SUELO SECO (Kg)	5.28	16.47	16.46
VOLUMEN DEL MOLDE (m3)	0.00	0.01	0.01
PESO UNITARIO SUELTO (Kg / m3)	1649.8	1733.8	1732.2
PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg / m3)	1705.3		

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo.

La tabla N°15 muestra el peso unitario suelto promedio de tres ensayos del agregado fino para dar como resultado 1705.3kg/m3.

Tabla N°16. Peso unitario compactado de la arena.

NUMERO DE MOLDE	I	II	III
PESO SUELO SECO + MOLDE (Kg)	8.37	20.53	20.79
PESO DEL MOLDE (Kg)	2.33	2.33	2.33
PESO SUELO SECO (Kg)	6.04	18.20	18.46
VOLUMEN DEL MOLDE (m3)	0.00	0.01	0.01
PESO UNITARIO COMPACTADO (Kg / m3)	1888.3	1916.2	1943.5
PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg / m3)	1916.0		

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo.

La tabla N°16 muestra el peso unitario compactado promedio de tres ensayos del agregado fino para dar como resultado 1916.0kg/m3.

Tabla N°17. Peso unitario suelto de la piedra.

ENSAYO N°	01	02	03
NUMERO DE MOLDE	I	II	III
PESO SUELO SECO + MOLDE (Kg)	18.01	17.53	17.59
PESO DEL MOLDE (Kg)	4.63	4.63	4.63
PESO SUELO SECO (Kg)	13.38	12.91	12.96
VOLUMEN DEL MOLDE (m3)	0.01	0.01	0.01
PESO UNITARIO SUELTO (Kg / m3)	1408.5	1358.6	1364.6
PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg / m3)	1377.2		

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo.

La tabla N°17 determina que el promedio de tres ensayos del peso unitario suelto del agregado grueso es 1377.2kg/m³.

Tabla N°18. Peso unitario compactado de la piedra.

NUMERO DE MOLDE	I	II	III
PESO SUELO SECO + MOLDE (Kg)	20.06	19.37	19.46
PESO DEL MOLDE (Kg)	4.63	4.21	4.21
PESO SUELO SECO (Kg)	15.43	15.17	15.26
VOLUMEN DEL MOLDE (m3)	0.01	0.01	0.01
PESO UNITARIO COMPACTADO (Kg / m3)	1624.4	1596.4	1605.9
PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg / m3)	1608.9		

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo.

La tabla N°18 determina que el promedio de tres ensayos del peso unitario compactado del agregado grueso es 1608.9kg/m³.

Tabla N°19. Porcentaje de humedad promedio del agregado fino.

PERFORACIÓN	CIELO ABIERTO	CIELO ABIERTO	
MUESTRA N°	C - 1 M - 1	C - 1 M - 1	C - 1 M - 1
PROFUNDIDAD (m.)			
CÁPSULA N°	T - 1	T - 2	T - 3
PESO RECIPIENTE	16.40	16.30	11.40
PESO RECIPIENTE + MATERIAL HUM.(gr.)	98.30	112.20	115.00
PESO RECIPIENTE + MATERIAL SECO(gr.)	98.10	111.60	113.70
PESO DEL AGUA (gr.)	0.20	0.60	1.30
PESO MATERIAL SECO (gr.)	81.70	95.30	102.30
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	0.24	0.63	1.27
HUMEDAD PROMEDIO (%)	0.72		

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo.

La tabla N°19 muestra el porcentaje de humedad del agregado fino, el cual es resultado del promedio de tres ensayos, dando como resultado 0.72%.

Tabla N°20. Porcentaje de humedad promedio del agregado grueso.

PERFORACIÓN	CIELO ABIERTO	CIELO ABIERTO	
MUESTRA N°	C - 1 M - 1	C - 1 M - 1	C - 1 M - 1
PROFUNDIDAD (m.)			
CÁPSULA N°	T - 1	T - 2	T - 3
PESO RECIPIENTE	16.30	11.90	11.70
PESO RECIPIENTE + MATERIAL HUM.(gr.)	124.60	116.30	113.60
PESO RECIPIENTE + MATERIAL SECO(gr.)	124.40	116.00	113.40
PESO DEL AGUA (gr.)	0.20	0.30	0.20
PESO MATERIAL SECO (gr.)	108.10	104.10	101.70
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)	0.19	0.29	0.20
HUMEDAD PROMEDIO (%)	0.22		

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo.

La tabla N°20 muestra el porcentaje de humedad del agregado grueso, el cual es resultado del promedio de tres ensayos, dando como resultado 0.22%.

Tabla N°21. Porcentaje de absorción del agregado fino.

A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en el aire)	500.00
B	Peso Frasco + Agua	1269.40
C	Peso Frasco + Agua + A	1769.40
D	Peso del Material + Agua en el Frasco	1554.70
E	Vol. de Masa + Vol. De Vacio	214.70
F	Peso del Material Seco en Estufa (105° C)	488.10
G	Vol. De Masa	202.80
	Peso Especifico Aparente	2.27
	Peso Especifico Aparente (Sat. Sup. Seca)	2.33
	Peso Especifico Nominal	2.41
	% de Absorción	2.44

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo.

La tabla N°21 determina que el porcentaje de absorción en el agregado fino es 2.44%.

Tabla N°22. Porcentaje de absorción del agregado grueso.

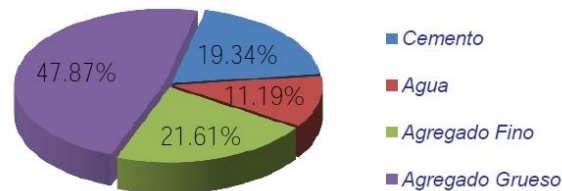
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en el aire)	2506.20
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en el agua)	1306.40
C	Vol. De Masas Vol. De Vacios	1199.80
D	Peso Material Seco en Estufa (105° C)	2500.00
E	Vol. De Masa	1193.60
	Peso Especifico Aparente	2.08
	Peso Especifico Aparente (Sat. Sup. Seca)	2.09
	Peso Especifico Nominal	2.09
	% de Absorción	0.25

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo.

La tabla N°22 determina que el porcentaje de absorción en el agregado grueso es 0.25%.

Grafico N°18. Diseño de mezcla y porcentaje de participación en la mezcla.

Cemento :	2.5603	Kg
Agua :	1.4807	lt
Agregado Fino :	2.8599	Kg
Agregado Grueso	6.3358	Kg



Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo.

El gráfico N°18 muestra la cantidad de material y su porcentaje de participación en la mezcla para una resistencia de $F'c=210\text{kg/cm}^2$, teniendo el cemento 19.34%, el agua 11.19%, el agregado fino 21.61% y el agregado grueso 47.87%. Las cantidades en kg y lt expresadas, corresponden a cantidades necesarias para elaborar una probeta cilíndrica de 15cm de diámetro y 30cm de altura.

Ensayos mecánicos:

Se presentan los resultados detallados de los ensayos mecánicos de compresión, tracción indirecta y flexión.

Tabla N°23. Resistencia a compresión de mezcla patrón a 7, 14 y 28 días.

EDAD (días)	DIMENSIONES		AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	TIPO DE FALLA	RESISTENCIA		PROM. RESISTENCIA MPa
	DIAMETRO(cm)	ALTURA(cm)				KG/CM ²	Mpa	
7	15.20	30.00	181.46	25140	d	138.54	13.59	13.77
7	15.00	30.20	176.71	24980	a	141.36	13.87	
7	15.10	30.10	179.08	25300	a	141.28	13.86	
14	15.00	30.10	176.71	34380	b	194.55	19.09	18.88
14	15.20	30.00	181.46	34610	a	190.73	18.71	
14	15.10	30.20	179.08	34400	a	192.09	18.84	
28	15.00	30.00	176.71	39310	a	222.45	21.82	21.52
28	15.00	30.00	176.71	38900	a	220.13	21.59	
28	15.20	30.10	181.46	39100	a	215.48	21.14	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla N°23 se presenta la resistencia a la compresión a 7, 14 y 28 días del concreto con mezcla patrón, siendo 13.77MPa la resistencia a 7 días, 18.88MPa a 14 días y 21.52MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 probetas. La resistencia a los 7 días es de 67%, la de 14 días 92% y la de 28 días 104%, dichas resistencias están dentro de los parámetros de la norma. El tipo de falla más frecuente es la falla tipo cono (a); seguido de la falla tipo cono y hendedura (b) y tipo corte (d).

Tabla N°24. Resistencia a tracción indirecta de mezcla patrón a 7, 14 y 28 días.

EDAD (días)	DIMENSIONES		CARGA MAXIMA		RESISTENCIA	PROM. RESISTENCIA MPa
	DIAMETRO(mm)	LONGITUD(mm)	KG	NEWTON (N)	Mpa	
7	151.00	300.00	15700	154017	2.16	2.18
7	150.00	302.00	15910	156077.1	2.19	
7	152.00	301.00	15900	155979	2.17	
14	151.00	301.00	16130	158235.3	2.22	2.21
14	152.00	300.00	16200	158922	2.22	
14	151.00	302.00	16010	157058.1	2.19	
28	152.00	300.00	16800	164808	2.30	2.33
28	150.00	300.00	16980	166573.8	2.36	
28	151.00	301.00	17030	167064.3	2.34	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla N°24 se describe las resistencias a la tracción indirecta a 7, 14 y 28 días del concreto con mezcla patrón, siendo 2.18MPa la resistencia a 7 días, 2.21MPa a 14 días y 2.33 MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 probetas. La resistencia a los 28 días es 113%.

Tabla N°25. Resistencia a flexión de mezcla patrón a 7, 14 y 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

EDAD (días)	DIMENSIONES			CARGA MAXIMA		RESISTENCIA A FLEXION	PROM. RESISTENCIA MPa
	ANCHO(mm)	ALTURA(mm)	LONGITUD(mm)	KG	NEWTON (N)	Mpa	
7	150.00	150.00	450.00	1510	14813.1	1.98	1.97
7	150.00	151.00	451.00	1580	15499.8	2.04	
7	151.00	152.00	450.00	1500	14715	1.90	
14	151.00	150.00	451.00	1620	15892.2	2.11	2.08
14	150.00	152.00	450.00	1600	15696	2.04	
14	151.00	151.00	450.00	1640	16088.4	2.10	
28	152.00	150.00	451.00	1680	16480.8	2.17	2.20
28	150.00	150.00	451.00	1700	16677	2.23	
28	151.00	151.00	450.00	1720	16873.2	2.21	

Interpretación: En la tabla N°19 se describe las resistencias a la flexión a 7, 14 y 28 días del concreto con mezcla patrón, siendo 1.97MPa la resistencia a 7 días, 2.08MPa a 14 días y 2.20 MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 viguetas. La resistencia a los 28 días es 107%. Todas las viguetas fallaron en el tercio medio de la luz libre.

Tabla N°26. Resistencia a compresión a 7, 14 y 28 días de mezcla con 5% de sustitución.

EDAD (días)	DIMENSIONES		AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	TIPO DE FALLA	RESISTENCIA		PROM. RESISTENCIA MPa
	DIAMETRO(cm)	ALTURA(cm)				KG/CM ²	Mpa	
7	15.00	30.00	176.71	34420	a	194.78	19.11	19.07
7	15.10	30.10	179.08	34800	b	194.33	19.06	
7	15.10	30.10	179.08	34730	a	193.94	19.03	
14	15.10	30.00	179.08	39300	a	219.46	21.53	21.53
14	15.00	30.00	176.71	38980	a	220.58	21.64	
14	15.10	30.10	179.08	39080	a	218.23	21.41	
28	15.00	30.00	176.71	39400	b	222.96	21.87	21.73
28	15.10	30.10	179.08	39580	a	221.02	21.68	
28	15.10	30.10	179.08	39480	a	220.46	21.63	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla N°26 se describe las resistencias a la compresión a 7, 14 y 28 días del concreto con 5% de sustitución al cemento, siendo 19.07MPa la resistencia a 7 días, 21.53MPa a 14 días y 21.73MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 probetas. La resistencia a los 7 días es de 92%, la de 14 días 104% y la de 28 días 105%, dichas resistencias están dentro de los parámetros de la norma. El tipo de falla más frecuente es la falla tipo cono (a); seguido de la falla tipo cono y hendedura (b).

Tabla N°27. Resistencia a tracción indirecta a 7, 14 y 28 días de mezcla con 5% de sustitución.

EDAD (días)	DIMENSIONES		CARGA MAXIMA		RESISTENCIA Mpa	PROM. RESISTENCIA MPa
	DIAMETRO(mm)	LONGITUD(mm)	KG	NEWTON (N)		
7	150.00	301.00	16130	158235.3	2.23	2.24
7	150.00	300.00	16320	160099.2	2.26	
7	151.00	301.00	16140	158333.4	2.22	
14	150.00	301.00	17090	167652.9	2.36	2.35
14	151.00	300.00	16980	166573.8	2.34	
14	151.00	301.00	17100	167751	2.35	
28	151.00	300.00	17220	168928.2	2.37	2.37
28	150.00	300.00	17190	168633.9	2.39	
28	151.00	301.00	17020	166966.2	2.34	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla N°27 se describe las resistencias a tracción indirecta a 7, 14 y 28 días del concreto con mezcla a 5% de sustitución, siendo 2.24MPa la

resistencia a 7 días, 2.35MPa a 14 días y 2.37 MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 probetas.

Tabla N°28. Resistencia a flexión a 7, 14 y 28 días de mezcla con 5% de sustitución.

EDAD (días)	DIMENSIONES			CARGA MAXIMA		RESISTENCIA A FLEXION	PROM. RESISTENCIA MPa
	ANCHO(mm)	ALTURA(mm)	LONGITUD(mm)	KG	NEWTON (N)	Mpa	
7	151.00	150.00	451.00	1650	16186.5	2.15	2.16
7	150.00	151.00	451.00	1680	16480.8	2.17	
7	152.00	151.00	450.00	1700	16677	2.17	
14	151.00	150.00	451.00	1740	17069.4	2.27	2.26
14	150.00	151.00	452.00	1780	17461.8	2.31	
14	151.00	151.00	450.00	1710	16775.1	2.19	
28	150.00	150.00	450.00	1800	17658	2.35	2.34
28	150.00	150.00	451.00	1790	17559.9	2.35	
28	151.00	151.00	450.00	1820	17854.2	2.33	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla N°28 se describe las resistencias a la flexión a 7, 14 y 28 días del concreto con 5% de sustitución, siendo 2.16MPa la resistencia a 7 días, 2.26MPa a 14 días y 2.34 MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 viguetas. Todas las viguetas fallaron en el tercio medio de la luz libre.

Tabla N°29. Resistencia a compresión a 7, 14 y 28 días de mezcla con 10% de sustitución.

EDAD (días)	DIMENSIONES		AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	TIPO DE FALLA	RESISTENCIA		PROM. RESISTENCIA MPa
	DIAMETRO(cm)	ALTURA(cm)				KG/CM ²	Mpa	
7	15.20	30.10	181.46	36500	a	201.15	19.73	19.97
7	15.00	30.10	176.71	36210	c	204.91	20.10	
7	15.00	30.00	176.71	36190	a	204.79	20.09	
14	15.00	30.00	176.71	40980	a	231.90	22.75	22.70
14	15.00	30.00	176.71	41200	a	233.14	22.87	
14	15.10	30.10	179.08	41030	c	229.12	22.48	
28	15.00	30.10	176.71	41180	a	233.03	22.86	22.77
28	15.10	30.00	179.08	41220	a	230.18	22.58	
28	15.00	30.00	176.71	41210	a	233.20	22.88	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla N°29 se describe las resistencias a la compresión a 7, 14 y 28 días del concreto con 10% de sustitución al cemento, siendo 19.97MPa la resistencia a 7 días, 22.70MPa a 14 días y 22.77MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 probetas. La resistencia a los 7 días es de 96%, la de 14 días 110% y la de 28 días 110.5%. El tipo de falla más frecuente es la falla tipo cono (a); seguido de la falla tipo cono(c).

Tabla N°30. Resistencia a tracción indirecta a 7, 14 y 28 días de mezcla con 10% de sustitución.

EDAD (días)	DIMENSIONES		CARGA MAXIMA		RESISTENCIA Mpa	PROM. RESISTENCIA MPa
	DIAMETRO(mm)	LONGITUD(mm)	KG	NEWTON (N)		
7	150.00	300.00	14210	139400.1	1.97	1.97
7	150.00	300.00	14010	137438.1	1.94	
7	150.00	302.00	14440	141656.4	1.99	
14	150.00	300.00	14900	146169	2.07	2.08
14	151.00	302.00	15080	147934.8	2.07	
14	150.00	300.00	15100	148131	2.10	
28	150.00	301.00	15150	148621.5	2.10	2.10
28	150.00	300.00	15240	149504.4	2.12	
28	152.00	300.00	15180	148915.8	2.08	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla N°30 se describe las resistencias a la tracción indirecta a 7, 14 y 28 días del concreto con 10% de sustitución, siendo 1.97MPa la

resistencia a 7 días, 2.08MPa a 14 días y 2.10 MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 probetas.

Tabla N°31. Resistencia a flexión a 7, 14 y 28 días de mezcla con 10% de sustitución.

EDAD (días)	DIMENSIONES			CARGA MAXIMA		RESISTENCIA A FLEXION	PROM. RESISTENCIA MPa
	ANCHO(mm)	ALTURA(mm)	LONGITUD(mm)	KG	NEWTON (N)	Mpa	
7	150.00	151.00	451.00	1450	14224.5	1.88	1.91
7	150.00	150.00	452.00	1480	14518.8	1.94	
7	151.00	152.00	451.00	1500	14715	1.90	
14	152.00	150.00	450.00	1550	15205.5	2.00	2.04
14	150.00	151.00	451.00	1610	15794.1	2.08	
14	150.00	152.00	451.00	1600	15696	2.04	
28	152.00	151.00	452.00	1640	16088.4	2.10	2.07
28	152.00	151.00	450.00	1580	15499.8	2.01	
28	151.00	150.00	451.00	1620	15892.2	2.11	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla N°31 se describe las resistencias a la flexión a 7, 14 y 28 días del concreto con 10% de sustitución, siendo 1.91MPa la resistencia a 7 días, 2.04MPa a 14 días y 2.07 MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 viguetas. Todas las viguetas fallaron en el tercio medio de la luz libre.

Tabla N°32. Resistencia a compresión a 7, 14 y 28 días de mezcla con 15% de sustitución.

EDAD (días)	DIMENSIONES		AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	TIPO DE FALLA	RESISTENCIA		PROM. RESISTENCIA MPa
	DIAMETRO(cm)	ALTURA(cm)				KG/CM ²	Mpa	
7	15.10	30.00	179.08	37910	a	211.69	20.77	20.67
7	15.00	30.20	176.71	37500	d	212.21	20.82	
7	15.20	30.10	181.46	37780	a	208.20	20.42	
14	15.10	30.00	179.08	39980	a	223.25	21.90	21.98
14	15.00	30.10	176.71	39700	a	224.66	22.04	
14	15.00	30.10	176.71	39610	b	224.15	21.99	
28	15.20	30.20	181.46	40060	a	220.77	21.66	21.99
28	15.10	30.00	179.08	40390	a	225.54	22.13	
28	15.10	30.10	179.08	40480	c	226.05	22.18	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla N°32 se describe las resistencias a la compresión a 7, 14 y 28 días del concreto con 15% de sustitución al cemento, siendo 20.67MPa la resistencia a 7 días, 21.98MPa a 14 días y 21.99MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 probetas. La resistencia a los 7 días es de 100.3%, la de 14 días 106% y la de 28 días 107%. El tipo de falla más frecuente es la falla tipo cono (a); seguido de la falla tipo cono y hendedura (b) y tipo corte (d).

Tabla N°33. Resistencia a tracción indirecta a 7, 14 y 28 días de mezcla con 15% de sustitución.

EDAD (días)	DIMENSIONES		CARGA MAXIMA		RESISTENCIA Mpa	PROM. RESISTENCIA MPa
	DIAMETRO(mm)	LONGITUD(mm)	KG	NEWTON (N)		
7	151.00	300.00	12440	122036.4	1.72	1.70
7	150.00	300.00	12300	120663	1.71	
7	150.00	301.00	12200	119682	1.69	
14	151.00	300.00	13370	131159.7	1.84	1.82
14	150.00	301.00	13100	128511	1.81	
14	150.00	300.00	13080	128314.8	1.82	
28	150.00	300.00	13320	130669.2	1.85	1.84
28	151.00	301.00	13360	131061.6	1.84	
28	150.00	300.00	13300	130473	1.85	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla N°33 se describe las resistencias a la tracción indirecta a 7, 14 y 28 días del concreto con 15% de sustitución, siendo 1.70MPa la resistencia a 7 días, 1.82MPa a 14 días y 1.84MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 probetas.

Tabla N°34. Resistencia a flexión a 7, 14 y 28 días de mezcla con 15% de sustitución.

EDAD (días)	DIMENSIONES			CARGA MAXIMA		RESISTENCIA A FLEXION	PROM. RESISTENCIA MPa
	ANCHO(mm)	ALTURA(mm)	LONGITUD(mm)	KG	NEWTON (N)	Mpa	
7	150.00	152.00	452.00	1400	13734	1.79	1.76
7	151.00	152.00	451.00	1350	13243.5	1.71	
7	151.00	150.00	450.00	1370	13439.7	1.78	
14	151.00	151.00	450.00	1480	14518.8	1.90	1.95
14	150.00	151.00	450.00	1510	14813.1	1.95	
14	151.00	150.00	450.00	1540	15107.4	2.00	
28	151.00	150.00	451.00	1530	15009.3	1.99	1.98
28	150.00	151.00	450.00	1540	15107.4	1.99	
28	151.00	150.00	450.00	1500	14715	1.95	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla N°34 se describe las resistencias a la flexión a 7, 14 y 28 días del concreto con 15% de sustitución, siendo 1.76MPa la resistencia a 7 días, 1.95MPa a 14 días y 1.98MPa a 28 días. Cada resistencia determinada en cada edad es el promedio del ensayo de 3 viguetas. Todas las viguetas fallaron en el tercio medio de la luz libre.

ANEXO 04

CERTIFICADOS DE ENSAYOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

DISEÑO DE MEZCLA

(MÉTODO ACI COMITÉ 211)

TESIS : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"

TESISTA : TORRES RUBIO ERICK OMAR

ASUNTO : DISEÑO DE MEZCLA

LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH

UNIDAD : TESTIGO CILÍNDRICO DE CONCRETO.

DATOS : ARENA + PIEDRA

1.- Especificaciones

$f'c$: 210 kg/cm^2

2.- Materiales

a.- Cemento Portland

Tipo :

P. Especifico :

I
3.12

b.- Agua

Tipo :

P. Especifico :

c.- Materiales

Cantera :

P. Especifico de la masa :

Peso Unitario Seco Suelto :

Peso Unitario Seco Compactado :

Contenido de humedad :

Absorcion :

Modulo de fineza :

Tamaño maximo nominal :

CARBONERA		S. PEDRITO	
ARENA		PIEDRA	
2.410	gr/cm^3	2.090	gr/cm^3
1649.80	kg/m^3	1408.50	kg/m^3
1888.30	kg/m^3	1624.40	kg/m^3
0.72	%	0.22	%
2.44	%	0.25	%
2.42		2.71	
		1/2"	

CAMPUS CHIMBOTE
 Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
 Av. Central Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Victor Rolando Rojas Silva
 Ing. de la Especialidad de Ingeniería Civil

1/2

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
 Ing. de la Especialidad de Ingeniería Civil



fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

- 3.- *Determinación de Resistencia Promedio* : 294 kg/cm²
- 4.- *Tamaño Máximo Nominal (pulg.)* : 1/2"
- 5.- *Selección del Asentamiento* : 3" a 4"
- 6.- *Volumen Unitario de Agua* : 216 lt/m³
- 7.- *Contenido de Aire* : 2.5 %
- 8.- *Relación Agua - Cemento a/c* : 0.558
- 9.- *Factor Cemento* : 386.82 kg/m³ ; 9.10 bls/m³
- 10.- *Contenido del Agregado Grueso* : 955.15 kg/m³
- 11.- *Valores de Diseño Corregidos*

Cemento	: 386.82 kg/m ³
Agua	: 223.72 lt/m ³
Agregado Fino Seco	: 432.10 kg/m ³
Agregado Grueso Seco	: 957.25 kg/m ³

12.- Proporción en Peso

1	1.12	2.47	; 24.58 lt/saco
Cemento	Arena	Piedra	

13.- Proporción en Volumen (Pie³)

1	1.01	2.63	; 24.58 lt/saco
Cemento (Bls)	Arena (Pie ³)	Piedra (Pie ³)	

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Victor Rolando Rojas Silva
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
Asesor de Laboratorio



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

14.- Proporción en Volumen (Latas)

1 **1.25** **3.50** ; **24.58 It/pe³**
 Cemento Arena Piedra
 (Bls) (Latas) (Latas)

15.- Proporción en Volumen (Lampadas)

1.00 **6.00** **18.00** ; **24.58 It/pe³**
 Cemento Arena Piedra
 (Bls) (Lampadas) (Lampadas)

MATERIALES PARA ELABORACION DE PROBETAS C° NORMAL

DIAMETRO (m)	0.15	% DE DESPERDICIO	20.0%
ALTURA (m)	0.30	NUMERO DE PROBETAS	1

P.E. C° : **1999.88** kg/m³ VOLUMEN: 0.0055 m³

Cemento : 2.5603 Kg
Agua : 1.4807 It
Agregado Fino : 2.8599 Kg
Agregado Grueso 6.3358 Kg



- Cemento
- Agua
- Agregado Fino
- Agregado Grueso

CAMPUS CHIMBOTE
 Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
 Av. Central Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Victor Rolando Rojas Silva
 Director de la Escuela de Ingeniería CIVIL

Lenier Hamilton Villaueva Vásquez
 LABORATORIO



fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

INFORME DE ANÁLISIS LASACI N°066-2018-IQUNT

SOLICITANTE	: ERICK OMAR TORRES RUBIO
PROYECTO	: "Determinación de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de un concreto $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con sustitución al cemento con ladrillo de Arcilla pulverizado, Nuevo Chimbote 2018"
MUESTRA	: ARCILLA
FECHA DE INGRESO	: 26 DE ABRIL DEL 2018
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS FÍSICOS

DETERMINACION	resultados
Color	MARRON
pH	5.23

ANÁLISIS QUÍMICOS

DETERMINACION	UNIDADES	RESULTADOS
SiO ₂	%	48.8
Al ₂ O ₃	%	18.1
Fe ₂ O ₃	%	0.76
MgO	%	0.27
CaO	%	0.22
K ₂ O	%	1.92
Na ₂ O	%	0.10
Perdida por calcinacion	%	10.21

TRUJILLO 02 DE MAYO DEL 2018



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

OBRA : TESIS: "DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCIÓN AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE - 2018"
SOLICITA : TESISTA: TORRES RUBIO ERICK OMAR
UBICACIÓN : Distrito: Nuevo Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash **Fecha** : 05/05/2018

DATOS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA : CANTERA SAN PEDRITO

ENSAYO DE DURABILIDAD CON SULFATO DE MAGNESIO

(ASTM C- 88)

I. AGREGADO GRUESO - ANALISIS CUANTITATIVO

Nº	Tamaño	%	Peso Requerido (gr)	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Perdida de Peso (gr)	Perdida de Peso (%)	Gradación original (%)	Perdida Corregida (%)
1	2 1/2" a 1 1/2"		5000 ± 300						
	2 1/2" a 2"	60	3000 ± 300						
	2" a 1 1/2"	40	2000 ± 200						
2	1 1/2" a 3/4"		1500 ± 50						
	1 1/2" a 1"	67	1000 ± 50					0.5	
	1" a 3/4"	33	500 ± 30					2.8	
3	3/4" a 3/8"		1000 ± 10						
	3/4" a 1/2"	67	670 ± 10	670.3	555.9	114.4	17.07	38.2	6.516
	1/2" a 3/8"	33	330 ± 5	330.1	322.9	7.2	2.18	22.3	0.487
4	3/8" a N°4		300 ± 5	300.4	297.8	2.6	0.87	33.7	0.291
TOTALES								97.4	7.29%

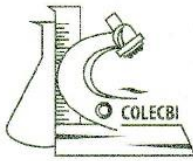
II. AGREGADO FINO - ANALISIS CUANTITATIVO

Tamaño	Peso requerido (gr)	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Perdida de Peso (gr)	Perdida de Peso (%)	Gradación original (%)	Perdida Corregida (%)	
3/8 a N°4	100					2.3		
N°4 a N°8	100	100.0	93.5	6.5	6.50	12.4	0.809	
N°8 a N°16	100	100.0	94.4	5.6	5.60	29.0	1.522	
N°16 a N°30	100	100.0	91.7	8.3	8.30	19.7	1.637	
N°30 a N°50	100	100.0	91.8	8.2	8.20	16.0	1.314	
N°50 a N°100								
Pasan N°100								
TOTALES							79.4	5.38%

JORGE ESTEBAN MORILLO TRUJILLO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. Nº 68738

VºBº:





**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 046**



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20180425-017

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : ERICK OMAR TORRES RUBIO.
 DIRECCIÓN : 1ro de Mayo Mz:H Lt:24 Nuevo Chimbote.
 PRODUCTO DECLARADO : AGUA PARA CONSUMO HUMANO (AGUA POTABLE).
 CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra.
 PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Frasco de plástico con tapa.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2018-04-25
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2018-04-25
 FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2018-04-26
 CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado. Refrigeradas.
 ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio de Físico Químico.
 CÓDIGO COLECBI : SS 180425-7

RESULTADOS

**"DETERMINACIÓN DE LA PROPIEDAD FÍSICA, QUÍMICA Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO F'C=210KG/CM2 CON
SUSTITUCIÓN AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"**

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS

ENSAYOS	MUESTRA
	Laboratorio de Suelos UCV
Cloruros (mg/L)	75
(**) pH	7,10
(*) Sulfatos (mg/L)	68

(*) Los métodos indicados aún no han sido acreditados por INACAL-DA.
 (**) Fuera del alcance de la acreditación por vigencia de muestra.

METODOLOGÍA EMPLEADA

Cloruros : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl B, 22nd Ed.2012 . Chloride. Argentometric Method.


pH : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 22nd Ed.2012. pH Value. Electrometric Method.

Sulfatos : SMEWW-APHA-AWWA-WEF, 22nd Ed. 2012 4500 SO₄²⁻

NOTA:

- La muestra fue recepcionada por Laboratorio COLECBI S.A.C.
- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce
- No afecto al proceso de Dirimencia por ser la muestra Producto Perecible.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Abril 27 del 2018.
 GVR/jms


 A. Gustavo Vargas Ramos
 Gerente de Laboratorios
 C.B.P. 326
 COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
 Rev. 04
 Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
 SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.034, ASTM C39)

TESIS : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"

TESISTA : TORRES RUBIO ERICK OMAR

ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH

UNIDAD : TESTIGO CILINDRICO DE CONCRETO .

TABLA: CALCULO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

N°	Estructura o	Edad	Carga	Sección	Res. Obt.	Promedio
Prob.	Identificación	(Días)	Max. (Kg)	(cm²)	(Kg/cm²)	(Kg/cm²)
1	PROBETA N° 01	7	25140.00	181.46	138.54	140.39
2	PROBETA N° 02	7	24980.00	176.71	141.36	
3	PROBETA N° 03	7	25300.00	179.08	141.28	

Observaciones:

La resistencia mínima alcanzada al ensayar las probetas (en Kg/cm^2) con cemento Tipo I debe ser de la siguiente manera:

A los 07 días: 60%

A los 14 días: 85%

A los 28 días: 100%

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Victor Ricardo Rojas Silva
Graduado de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vasquez
TECNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.034, ASTM C39)

TESIS : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"

TESISTA : TORRES RUBIO ERICK OMAR

ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH

UNIDAD : TESTIGO CILINDRICO DE CONCRETO .

TABLA: CALCULO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

Nº Prob.	Estructura o Identificación	Edad (Días)	Carga Max. (Kg)	Sección (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
1	PROBETA Nº 01	14	34380.00	176.71	194.55	192.46
2	PROBETA Nº 02	14	34610.00	181.46	190.73	
3	PROBETA Nº 03	14	34400.00	179.08	192.09	

Observaciones:

La resistencia mínima alcanzada al ensayar las probetas (en Kg/cm²) con cemento Tipo I debe ser de la siguiente manera:

A los 07 días: 60%

A los 14 días: 85%

A los 28 días: 100%

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Victor Rolando Rojas Silva
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vasquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.034, ASTM C39)

- TESIS** : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"
- TESISTA** : TORRES RUBIO ERICK OMAR
- ASUNTO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
- LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH
- UNIDAD** : TESTIGO CILINDRICO DE CONCRETO .

TABLA: CALCULO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

Nº	Estructura o	Edad	Carga	Sección	Res. Obt.	Promedio
Prob.	Identificación	(Días)	Max. (Kg)	(cm ²)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)
1	PROBETA Nº 01	28	39310.00	176.71	222.45	219.35
2	PROBETA Nº 02	28	38900.00	176.71	220.13	
3	PROBETA Nº 03	28	39100.00	181.46	215.48	

Observaciones:

La resistencia mínima alcanzada al ensayar las probetas (en Kg/cm^2) con cemento Tipo I debe ser de la siguiente manera:

A los 07 días: 60%

A los 14 días: 85%

A los 28 días: 100%

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Victor Rojas Rojas Silva
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Altamirano Vasquez
TECNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.034, ASTM C39)

TESIS : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"

TESISTA : TORRES RUBIO ERICK OMAR

ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH

UNIDAD : TESTIGO CILINDRICO DE CONCRETO SUSTITUYENDO 5% DE LAP

TABLA: CALCULO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

N° Prob.	Estructura o Identificación	Edad (Días)	Carga Max. (Kg)	Sección (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
1	PROBETA N° 01	7	34420.00	176.71	194.78	194.35
2	PROBETA N° 02	7	34800.00	179.08	194.33	
3	PROBETA N° 03	7	34730.00	179.08	193.94	

Observaciones:

La resistencia mínima alcanzada al ensayar las probetas (en Kg/cm²) con cemento Tipo I debe ser de la siguiente manera:

A los 07 días: 60%

A los 14 días: 85%

A los 28 días: 100%

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Víctor Rolando Rojas Sliwa
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saladelante
ucv.edu.pe



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.034, ASTM C39)

- TESIS** : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"
- TESISTA** : TORRES RUBIO ERICK OMAR
- ASUNTO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
- LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH
- UNIDAD** : TESTIGO CILINDRICO DE CONCRETO SUSTITUYENDO 5% DE LAP

TABLA: CALCULO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

Nº	Estructura o	Edad	Carga	Sección	Res. Obt.	Promedio
Prob.	Identificación	(Días)	Max. (Kg)	(cm ²)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)
1	PROBETA Nº 01	14	39300.00	179.08	219.46	219.42
2	PROBETA Nº 02	14	38980.00	176.71	220.58	
3	PROBETA Nº 03	14	39080.00	179.08	218.23	

Observaciones:

La resistencia mínima alcanzada al ensayar las probetas (en Kg/cm²) con cemento Tipo I debe ser de la siguiente manera:

- A los 07 días: 60%
- A los 14 días: 85%
- A los 28 días: 100%

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



[Signature]
Dr. Victor Rafael Rojas Silva
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

[Signature]
Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TECNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#salirade ante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.034, ASTM C39)

TESIS : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"

TESISTA : TORRES RUBIO ERICK OMAR

ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH

UNIDAD : TESTIGO CILINDRICO DE CONCRETO SUSTITUYENDO 5% DE LAP

TABLA: CALCULO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

Nº Prob.	Estructura o Identificación	Edad (Días)	Carga Max. (Kg)	Sección (cm²)	Res. Obt. (Kg/cm²)	Promedio (Kg/cm²)
1	PROBETA Nº 01	28	39400.00	176.71	222.96	221.48
2	PROBETA Nº 02	28	39580.00	179.08	221.02	
3	PROBETA Nº 03	28	39480.00	179.08	220.46	

Observaciones:

La resistencia mínima alcanzada al ensayar las probetas (en Kg/cm²) con cemento Tipo I debe ser de la siguiente manera:

A los 07 días: 60%

A los 14 días: 85%

A los 28 días: 100%

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mr. Viper Rosario Rojas Silva
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliracelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.034, ASTM C39)

TESIS : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"

TESISTA : TORRES RUBIO ERICK OMAR

ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH

UNIDAD : TESTIGO CILINDRICO DE CONCRETO SUSTITUYENDO 10% DE LAP

TABLA: CALCULO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

Nº	Estructura o	Edad	Carga	Sección	Res. Obt.	Promedio
Prob.	Identificación	(Días)	Max. (Kg)	(cm ²)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)
1	PROBETA Nº 01	7	36500.00	181.46	201.15	203.62
2	PROBETA Nº 02	7	36210.00	176.71	204.91	
3	PROBETA Nº 03	7	36190.00	176.71	204.79	

Observaciones:

La resistencia mínima alcanzada al ensayar las probetas (en Kg/cm²) con cemento Tipo I debe ser de la siguiente manera:

A los 07 días: 60%

A los 14 días: 85%

A los 28 días: 100%

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE

Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Víctor Rolando Rojas Silva
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.034, ASTM C39)

TESIS : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"

TESISTA : TORRES RUBIO ERICK OMAR

ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH

UNIDAD : TESTIGO CILINDRICO DE CONCRETO SUSTITUYENDO 10% DE LAP

TABLA: CALCULO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

N°	Estructura o	Edad	Carga	Sección	Res. Obt.	Promedio
Prob.	Identificación	(Días)	Max. (Kg)	(cm ²)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)
1	PROBETA N° 01	14	40980.00	176.71	231.90	231.39
2	PROBETA N° 02	14	41200.00	176.71	233.14	
3	PROBETA N° 03	14	41030.00	179.08	229.12	

Observaciones:

La resistencia mínima alcanzada al ensayar las probetas (en Kg/cm²) con cemento Tipo I debe ser de la siguiente manera:

A los 07 días: 60%

A los 14 días: 85%

A los 28 días: 100%

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Victor Rolando Rojas Silva
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#salradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.034, ASTM C39)

TESIS : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"

TESISTA : TORRES RUBIO ERICK OMAR

ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH

UNIDAD : TESTIGO CILINDRICO DE CONCRETO SUSTITUYENDO 10% DE LAP

TABLA: CALCULO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

N°	Estructura o	Edad	Carga	Sección	Res. Obt.	Promedio
Prob.	Identificación	(Días)	Max. (Kg)	(cm²)	(Kg/cm²)	(Kg/cm²)
1	PROBETA N° 01	28	41180.00	176.71	233.03	232.14
2	PROBETA N° 02	28	41220.00	179.08	230.18	
3	PROBETA N° 03	28	41210.00	176.71	233.20	

Observaciones:

La resistencia mínima alcanzada al ensayar las probetas (en Kg/cm²) con cemento Tipo I debe ser de la siguiente manera:

A los 07 días: 60%

A los 14 días: 85%

A los 28 días: 100%

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Eq. Victor Rolando Rojas Silva
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.034, ASTM C39)

TESIS : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'c=210$ kg/cm² CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"

TESISTA : TORRES RUBIO ERICK OMAR

ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH

UNIDAD : TESTIGO CILINDRICO DE CONCRETO SUSTITUYENDO 15% DE LAP

TABLA: CALCULO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

N° Prob.	Estructura o Identificación	Edad (Días)	Carga Max. (Kg)	Sección (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
1	PROBETA N° 01	7	37910.00	179.08	211.69	210.70
2	PROBETA N° 02	7	37500.00	176.71	212.21	
3	PROBETA N° 03	7	37780.00	181.46	208.20	

Observaciones:

La resistencia mínima alcanzada al ensayar las probetas (en Kg/cm²) con cemento Tipo I debe ser de la siguiente manera:

A los 07 días: 60%

A los 14 días: 85%

A los 28 días: 100%

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Victor Ricardo Rojas Silva
Director de la Escuela De Ingeniería Civil

P. F. P.
Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.034, ASTM C39)

TESIS : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"

TESISTA : TORRES RUBIO ERICK OMAR

ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH

UNIDAD : TESTIGO CILINDRICO DE CONCRETO SUSTITUYENDO 15% DE LAP

TABLA: CALCULO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

Nº	Estructura o	Edad	Carga	Sección	Res. Obt.	Promedio
Prob.	Identificación	(Días)	Max. (Kg)	(cm ²)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)
1	PROBETA Nº 01	14	39980.00	179.08	223.25	224.02
2	PROBETA Nº 02	14	39700.00	176.71	224.66	
3	PROBETA Nº 03	14	39610.00	176.71	224.15	

Observaciones:

La resistencia mínima alcanzada al ensayar las probetas (en Kg/cm²) con cemento Tipo I debe ser de la siguiente manera:

A los 07 días: 60%
A los 14 días: 85%
A los 28 días: 100%

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Victor Rojas Rojas Silva
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TECNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.034, ASTM C39)

TESIS : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"

TESISTA : TORRES RUBIO ERICK OMAR

ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH

UNIDAD : TESTIGO CILINDRICO DE CONCRETO SUSTITUYENDO 15% DE LAP

TABLA: CALCULO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

N° Prob.	Estructura o Identificación	Edad (Días)	Carga Max. (Kg)	Sección (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)
1	PROBETA N° 01	28	40060.00	181.46	220.77	224.12
2	PROBETA N° 02	28	40390.00	179.08	225.54	
3	PROBETA N° 03	28	40480.00	179.08	226.05	

Observaciones:

La resistencia mínima alcanzada al ensayar las probetas (en Kg/cm²) con cemento Tipo I debe ser de la siguiente manera:

A los 07 días: 60%

A los 14 días: 85%

A los 28 días: 100%

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Dr. Victor Rolando Rojas Sillan
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Vilhuanueva Vásquez
TECNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA DE HORMIGÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.084, ASTM C496)

TESIS : “DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018”

TESISTA : TORRES RUBIO ERICK OMAR

ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA

LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH

UNIDAD : TESTIGO CILÍNDRICO DE CONCRETO 7 DÍAS.

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Probeta

VIGA	LONGITUD (mm)	DIMENSION (mm)
V-01 P	300.00	151.00
V-02 P	302.00	150.00
V-03 P	301.00	152.00

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01 P	154017.00	2.16	2.18
V-02 P	156077.10	2.19	
V-03 P	155979.00	2.17	

$$\sigma_{ct} = \frac{2F}{\pi x L x d}$$

DONDE

σ = Resistencia a tracción indirecta [Mpa]

F = carga máxima [N]

L = Longitud de la línea de contacto de la probeta [mm]

d = Dimensión de la sección transversal [mm]

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Victor Rolando Rojas Silva
Mg. de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TECNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliracelanz
ucv.edu.pe



ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA DE HORMIGÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.084, ASTM C496)

- TESIS** : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"
- TESISTA** : TORRES RUBIO ERICK OMAR
- ASUNTO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
- LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH
- UNIDAD** : TESTIGO CILÍNDRICO DE CONCRETO 14 DÍAS.

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Probeta

VIGA	LONGITUD (mm)	DIMENSION (mm)
V-01 P	301.00	151.00
V-02 P	300.00	152.00
V-03 P	302.00	151.00

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01 P	158235.30	2.22	2.21
V-02 P	158922.00	2.22	
V-03 P	157058.10	2.19	

$$\sigma_{ct} = \frac{2F}{\pi x L x d}$$

DONDE

σ = Resistencia a tracción indirecta [Mpa]

F = carga máxima [daN]

L = Longitud de la línea de contacto de la probeta [mm]

d = Dimensión de la sección transversal [mm]

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Dr. Victor Rolando Rojas Ríos
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

[Handwritten signature]

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TECNICO DE LABORATORIO

[Handwritten signature]



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#sal'radelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA DE HORMIGÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.084, ASTM C496)

- TESIS** : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"
- TESISTA** : TORRES RUBIO ERICK OMAR
- ASUNTO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
- LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH
- UNIDAD** : TESTIGO CILÍNDRICO DE CONCRETO 28 DÍAS.

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Probeta

VIGA	LONGITUD (mm)	DIMENSION (mm)
V-01 P	300.00	152.00
V-02 P	300.00	150.00
V-03 P	301.00	151.00

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01 P	164808.00	2.30	2.33
V-02 P	166573.80	2.36	
V-03 P	167064.30	2.34	

$$\sigma_{ct} = \frac{2F}{\pi x L x d}$$

DONDE

σ = Resistencia a tracción indirecta [Mpa]

F = carga máxima [daN]

L = Longitud de la línea de contacto de la probeta [mm]

d = Dimensión de la sección transversal [mm]

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Victor Rolando Rojas Silva
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA DE HORMIGÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.084, ASTM C496)

- TESIS** : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"
- TESISTA** : TORRES RUBIO ERICK OMAR
- ASUNTO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
- LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH
- UNIDAD** : TESTIGO CILÍNDRICO DE CONCRETO 7 DÍAS SUSTITUYENDO 5% LAP

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Probeta

VIGA	LONGITUD (mm)	DIMENSION (mm)
V-01 P	301.00	150.00
V-02 P	300.00	150.00
V-03 P	301.00	151.00

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01 P	158235.30	2.23	2.24
V-02 P	160099.20	2.26	
V-03 P	158333.40	2.22	

$$\sigma_{ct} = \frac{2F}{\pi x L x d}$$

DONDE

σ = Resistencia a tracción indirecta [Mpa]

F = carga máxima [N]

L = Longitud de la línea de contacto de la probeta [mm]

d = Dimensión de la sección transversal [mm]

Nota:

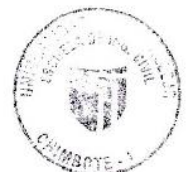
Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Dr. Víctor Romo de Acuña Silva
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA DE HORMIGÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.084, ASTM C496)

- TESIS** : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"
- TESISTA** : TORRES RUBIO ERICK OMAR
- ASUNTO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
- LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH
- UNIDAD** : TESTIGO CILÍNDRICO DE CONCRETO 14 DÍAS SUSTITUYENDO 5% LAP

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Probeta

VIGA	LONGITUD (mm)	DIMENSION (mm)
V-01 P	301.00	150.00
V-02 P	300.00	151.00
V-03 P	301.00	151.00

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01 P	167652.90	2.36	2.35
V-02 P	166573.80	2.34	
V-03 P	167751.00	2.35	

$$\sigma_{ct} = \frac{2F}{\pi x L x d}$$

DONDE

σ = Resistencia a tracción indirecta [Mpa]

F = carga máxima [daN]

L = Longitud de la línea de contacto de la probeta [mm]

d = Dimensión de la sección transversal [mm]

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Victor Eduardo Rojas Sison
Módulo de la Escuela de Ingeniería Civil

Ve

Lener Hamilton Villanueva Vasquez
TÉCNICO DE LABORATORIO

LHV



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA DE HORMIGÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.084, ASTM C496)

- TESIS** : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"
- TESISTA** : TORRES RUBIO ERICK OMAR
- ASUNTO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
- LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH
- UNIDAD** : TESTIGO CILÍNDRICO DE CONCRETO 28 DÍAS SUSTITUYENDO 5% LAP

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Probeta

VIGA	LONGITUD (mm)	DIMENSION (mm)
V-01 P	300.00	151.00
V-02 P	300.00	150.00
V-03 P	301.00	151.00

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01 P	168928.20	2.37	2.37
V-02 P	168633.90	2.39	
V-03 P	166966.20	2.34	

$$\sigma_{ct} = \frac{2F}{\pi x L x d}$$

DONDE

σ = Resistencia a tracción indirecta [Mpa]

F = carga máxima [daN]

L = Longitud de la línea de contacto de la probeta [mm]

d = Dimensión de la sección transversal [mm]

Nota:

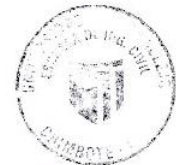
Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Víctor Romano Rojas Siles
Ejecutor de la Servicio de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vasquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA DE HORMIGÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.084, ASTM C496)

- TESIS** : “DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018”
- TESISTA** : TORRES RUBIO ERICK OMAR
- ASUNTO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
- LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH
- UNIDAD** : TESTIGO CILÍNDRICO DE CONCRETO 7 DÍAS SUSTITUYENDO 10% LAP

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Probeta

VIGA	LONGITUD (mm)	DIMENSION (mm)
V-01 P	300.00	150.00
V-02 P	300.00	150.00
V-03 P	302.00	150.00

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01 P	139400.10	1.97	1.97
V-02 P	137438.10	1.94	
V-03 P	141656.40	1.99	

$$\sigma_{ct} = \frac{2F}{\pi x L x d}$$

DONDE

σ = Resistencia a tracción indirecta [Mpa]

F = carga máxima [N]

L = Longitud de la línea de contacto de la probeta [mm]

d = Dimensión de la sección transversal [mm]

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
 Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
 Av. Central Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Victor Rojas Rojas
 Director de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Villanueva Vásquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA DE HORMIGÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.084, ASTM C496)

- TESIS** : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"
- TESISTA** : TORRES RUBIO ERICK OMAR
- ASUNTO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
- LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH
- UNIDAD** : TESTIGO CILÍNDRICO DE CONCRETO 14 DÍAS SUSTITUYENDO 10% LAP

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Probeta

VIGA	LONGITUD (mm)	DIMENSION (mm)
V-01 P	300.00	150.00
V-02 P	302.00	151.00
V-03 P	300.00	150.00

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01 P	146169.00	2.07	2.08
V-02 P	147934.80	2.07	
V-03 P	148131.00	2.10	

$$\sigma_{ct} = \frac{2F}{\pi x L x d}$$

DONDE

- σ = Resistencia a tracción indirecta [Mpa]
 F = carga máxima [daN]
 L = Longitud de la línea de contacto de la probeta [mm]
 d = Dimensión de la sección transversal [mm]

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
 Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
 Av. Central Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mr. Victor Orlando Rojas Silva
 Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA DE HORMIGÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.084, ASTM C496)

TESIS : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"

TESISTA : TORRES RUBIO ERICK OMAR

ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA

LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH

UNIDAD : TESTIGO CILÍNDRICO DE CONCRETO 28 DÍAS SUSTITUYENDO 10% LAP

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Probeta

VIGA	LONGITUD (mm)	DIMENSION (mm)
V-01 P	301.00	150.00
V-02 P	300.00	150.00
V-03 P	300.00	152.00

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01 P	148621.5	2.10	2.10
V-02 P	149504.40	2.12	
V-03 P	148915.80	2.08	

$$\sigma_{et} = \frac{2F}{\pi x L x d}$$

DONDE

σ = Resistencia a tracción indirecta [Mpa]

F = carga máxima [daN]

L = Longitud de la línea de contacto de la probeta [mm]

d = Dimensión de la sección transversal [mm]

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio



CAMPUS CHIMBOTE

Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Victor H. de Rojas Siles
Docente de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TECNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA DE HORMIGÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.084, ASTM C496)

- TESIS** : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"
- TESISTA** : TORRES RUBIO ERICK OMAR
- ASUNTO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
- LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH
- UNIDAD** : TESTIGO CILÍNDRICO DE CONCRETO 7 DÍAS SUSTITUYENDO 15% LAP

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Probeta

VIGA	LONGITUD (mm)	DIMENSION (mm)
V-01 P	300.00	151.00
V-02 P	300.00	150.00
V-03 P	301.00	150.00

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01 P	122036.40	1.72	1.70
V-02 P	120663.00	1.71	
V-03 P	119682.00	1.69	

$$\sigma_{ct} = \frac{2F}{\pi x L x d}$$

DONDE

σ = Resistencia a tracción indirecta [Mpa]

F = carga máxima [N]

L = Longitud de la línea de contacto de la probeta [mm]

d = Dimensión de la sección transversal [mm]

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio



CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Victor Emmanuel Rojas Blum
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vasquez

Lener Hamilton Villanueva Vasquez
TECNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA DE HORMIGÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.084, ASTM C496)

TESIS : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"

TESISTA : TORRES RUBIO ERICK OMAR

ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA

LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH

UNIDAD : TESTIGO CILÍNDRICO DE CONCRETO 14 DÍAS SUSTITUYENDO 15% LAP

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Probeta

VIGA	LONGITUD (mm)	DIMENSION (mm)
V-01 P	300.00	151.00
V-02 P	301.00	150.00
V-03 P	300.00	150.00

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01 P	131159.70	1.84	1.82
V-02 P	128511.00	1.81	
V-03 P	128314.80	1.82	

$$\sigma_{ct} = \frac{2F}{\pi x L x d}$$

DONDE

σ = Resistencia a tracción indirecta [Mpa]

F = carga máxima [daN]

L = Longitud de la línea de contacto de la probeta [mm]

d = Dimensión de la sección transversal [mm]

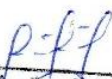
Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio



CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000


Victor Rojas Rojas Escriba
Ingeniero de la especialidad de Ingeniería Civil


Lener Villanueva Vasquez
Ingeniero de la especialidad de Ingeniería Civil

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA DE HORMIGÓN

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.084, ASTM C496)

- TESIS** : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"
- TESISTA** : TORRES RUBIO ERICK OMAR
- ASUNTO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA
- LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH
- UNIDAD** : TESTIGO CILÍNDRICO DE CONCRETO 28 DÍAS SUSTITUYENDO 15% LAP

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Probeta

VIGA	LONGITUD (mm)	DIMENSION (mm)
V-01 P	300.00	150.00
V-02 P	301.00	151.00
V-03 P	300.00	150.00

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01 P	130669.20	1.85	1.84
V-02 P	131061.60	1.84	
V-03 P	130473.00	1.85	

$$\sigma_{ct} = \frac{2F}{\pi \times L \times d}$$

DONDE

σ = Resistencia a tracción indirecta [Mpa]

F = carga máxima [daN]

L = Longitud de la línea de contacto de la probeta [mm]

d = Dimensión de la sección transversal [mm]

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Dr. Víctor Raúl de la Cruz
Carrasco de la Cruz
Ingeniero Civil

Lener Hamilton Villanueva Vasquez
TECNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



ENSAYO DE FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGON

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 334.003, ASTM C78)

- TESIS** : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"
- TESISTA** : TORRES RUBIO ERICK OMAR
- ASUNTO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
- LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH
- UNIDAD** : TESTIGO CÚBICO DE CONCRETO

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Vigas

VIGA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS (cm)
V-01	50.00	15.00	15.00	45.00
V-02	50.00	15.00	15.10	45.10
V-03	50.00	15.10	15.20	45.00

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01	14813.10	1.98	1.97
V-02	15499.80	2.04	
V-03	14715.00	1.90	

$$R = \frac{Q \times L}{b \times h^2}$$

DONDE

- R = módulo de rotura [Mpa]
- Q = carga máxima registrada [N]
- L = luz entre apoyos [cm]
- b = ancho medio de la probeta [cm]
- h = altura media de la probeta [cm]

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGON

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 334.003, ASTM C78)

TESIS : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"

TESISTA : TORRES RUBIO ERICK OMAR

ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH

UNIDAD : TESTIGO CÚBICO DE CONCRETO 14 DÍAS.

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Vigas

VIGA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS (cm)
V-01	50.00	15.10	15.00	45.10
V-02	50.00	15.00	15.20	45.00
V-03	50.00	15.10	15.10	45.00

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01	15892.2	2.11	2.08
V-02	15696.0	2.04	
V-03	16088.4	2.10	

$$R = \frac{QxL}{bxh^2}$$

DONDE

R = módulo de rotura [Mpa]

Q = carga máxima registrada [N]

L = luz entre apoyos [cm]

b = ancho medio de la probeta [cm]

h = altura media de la probeta [cm]

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio.

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Rn. Victor Rolando Rojas Silva
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Viana Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 334.003, ASTM C78)

- TESIS** : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"
- TESISTA** : TORRES RUBIO ERICK OMAR
- ASUNTO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
- LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH
- UNIDAD** : TESTIGO CÚBICO DE CONCRETO 28 DÍAS.

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Vigas

VIGA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS (cm)
V-01	50.00	15.20	15.00	45.10
V-02	50.00	15.00	15.00	45.10
V-03	50.00	15.10	15.10	45.00

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01	16480.80	2.17	2.20
V-02	16677.00	2.23	
V-03	16873.20	2.21	

$$R = \frac{QxL}{bh^2}$$

DONDE

R = módulo de rotura [Mpa]

Q = carga máxima registrada [N]

L = luz entre apoyos [cm]

b = ancho medio de la probeta [cm]

h = altura media de la probeta [cm]

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE

Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Victor Rufino Rojas Sibas
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lenier Hamilton Villanueva Vásquez
TECNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGON

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 334.003, ASTM C78)

- TESIS :** "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"
- TESISTA :** TORRES RUBIO ERICK OMAR
- ASUNTO :** ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
- LUGAR :** DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH
- UNIDAD :** TESTIGO CÚBICO DE CONCRETO 7 DIAS SUSTITUYENDO 5% LAP

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Vigas

VIGA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS (cm)
V-01	50.00	15.10	15.00	45.10
V-02	50.00	15.00	15.10	45.10
V-03	50.00	15.20	15.10	45.00

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01	16186.50	2.15	2.16
V-02	16480.8	2.17	
V-03	16677.00	2.17	

$$R = \frac{Q \times L}{b \times h^2}$$

DONDE

- R = módulo de rotura [Mpa]
 Q = carga máxima registrada [N]
 L = luz entre apoyos [cm]
 b = ancho medio de la probeta [cm]
 h = altura media de la probeta [cm]

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
 Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
 Av. Central Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Victor Raúl de la Haza
 Director de la Facultad de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vasquez
 TECNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



ENSAYO DE FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGON

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 334.003, ASTM C78)

- TESIS** : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"
- TESISTA** : TORRES RUBIO ERICK OMAR
- ASUNTO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
- LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH
- UNIDAD** : TESTIGO CÚBICO DE CONCRETO 14 DÍAS SUSTITUYENDO 5% LAP

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Vigas

VIGA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS (cm)
V-01	50.00	15.10	15.00	45.10
V-02	50.00	15.00	15.10	45.20
V-03	50.00	15.10	15.10	45.00

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01	17069.40	2.27	2.26
V-02	17461.80	2.31	
V-03	16775.10	2.19	

$$R = \frac{Q \times L}{b \times h^2}$$

DONDE

- R = módulo de rotura [Mpa]
 Q = carga máxima registrada [N]
 L = luz entre apoyos [cm]
 b = ancho medio de la probeta [cm]
 h = altura media de la probeta [cm]

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio.

CAMPUS CHIMBOTE
 Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
 Av. Central Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Dr. Victor Rolando Rojas Sierra
 Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



ENSAYO DE FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGON

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 334.003, ASTM C78)

- TESIS :** "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"
- TESISTA :** TORRES RUBIO ERICK OMAR
- ASUNTO :** ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
- LUGAR :** DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH
- UNIDAD :** TESTIGO CÚBICO DE CONCRETO 28 DÍAS SUSTITUYENDO 5% LAP

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Vigas

VIGA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS (cm)
V-01	50.00	15.00	15.00	45.00
V-02	50.00	15.00	15.00	45.10
V-03	50.00	15.10	15.10	45.00

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01	17658.00	2.35	2.34
V-02	17559.90	2.35	
V-03	17854.20	2.33	

$$R = \frac{QxL}{bxh^2}$$

DONDE

- R = módulo de rotura [Mpa]
- Q = carga máxima registrada [N]
- L = luz entre apoyos [cm]
- b = ancho medio de la probeta [cm]
- h = altura media de la probeta [cm]

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
 Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
 Av. Central Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Ing. Victor Rolando Rojas Silva
 Director de la Carrera de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
 TECNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



ENSAYO DE FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGON

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 334.003, ASTM C78)

- TESIS** : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"
- TESISTA** : TORRES RUBIO ERICK OMAR
- ASUNTO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
- LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH
- UNIDAD** : TESTIGO CÚBICO DE CONCRETO 7 DIAS SUSTITUYENDO 10% LAP

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Vigas

VIGA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS (cm)
V-01	50.00	15.00	15.10	45.10
V-02	50.00	15.00	15.00	45.20
V-03	50.00	15.10	15.20	45.10

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01	14224.50	1.88	1.91
V-02	14518.80	1.94	
V-03	14715.00	1.90	

$$R = \frac{QxL}{bxh^2}$$

DONDE

R = módulo de rotura [Mpa]

Q = carga máxima registrada [N]

L = luz entre apoyos [cm]

b = ancho medio de la probeta [cm]

h = altura media de la probeta [cm]

Nota:

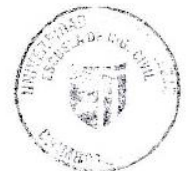
Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nueva Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Dr. Víctor Rolando Rojas Silva
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Leny Hamilton Villanueva Vásquez



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradclante
ucv.edu.pe



ENSAYO DE FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGON

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 334.003, ASTM C78)

- TESIS** : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"
- TESISTA** : TORRES RUBIO ERICK OMAR
- ASUNTO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
- LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH
- UNIDAD** : TESTIGO CÚBICO DE CONCRETO 14 DÍAS SUSTITUYENDO 10% LAP

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Vigas

VIGA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS (cm)
V-01	50.00	15.20	15.00	45.00
V-02	50.00	15.00	15.10	45.10
V-03	50.00	15.00	15.20	45.10

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01	15205.50	2.00	2.04
V-02	15794.10	2.08	
V-03	15696.00	2.04	

$$R = \frac{QxL}{bxh^2}$$

DONDE

- R = módulo de rotura [Mpa]
- Q = carga máxima registrada [N]
- L = luz entre apoyos [cm]
- b = ancho medio de la probeta [cm]
- h = altura media de la probeta [cm]

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio.

CAMPUS CHIMBOTE
 Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
 Av. Central Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Dr. Victor Rolando Rojas Sison
 Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
 Director de Laboratorio



fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



ENSAYO DE FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGON

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 334.003, ASTM C78)

TESIS : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"

TESISTA : TORRES RUBIO ERICK OMAR

ASUNTO : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

LUGAR : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH

UNIDAD : TESTIGO CÚBICO DE CONCRETO 28 DÍAS SUSTITUYENDO 10% LAP

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Vigas

VIGA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS (cm)
V-01	50.00	15.20	15.10	45.20
V-02	50.00	15.20	15.10	45.00
V-03	50.00	15.10	15.00	45.10

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01	16088.40	2.10	2.07
V-02	15499.80	2.01	
V-03	15892.20	2.11	

$$R = \frac{QxL}{bxh^2}$$

DONDE

R = módulo de rotura [Mpa]

Q = carga máxima registrada [N]

L = luz entre apoyos [cm]

b = ancho medio de la probeta [cm]

h = altura media de la probeta [cm]

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio



CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Ing. Víctor Rodríguez Rojas Berra
Docente de la Escuela de Ingeniería Civil

P.F.P.
Lenny Hernández Villanueva

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



ENSAYO DE FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGON

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 334.003, ASTM C78)

- TESIS** : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"
- TESISTA** : TORRES RUBIO ERICK OMAR
- ASUNTO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
- LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH
- UNIDAD** : TESTIGO CÚBICO DE CONCRETO 7 DIAS SUSTITUYENDO 15% LAP

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Vigas

VIGA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS (cm)
V-01	50.00	15.00	15.20	45.20
V-02	50.00	15.10	15.20	45.10
V-03	50.00	15.10	15.00	45.00

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01	13734.00	1.79	1.76
V-02	13243.50	1.71	
V-03	13439.70	1.78	

$$R = \frac{QxL}{bxh^2}$$

DONDE

- R = módulo de rotura [Mpa]
 Q = carga máxima registrada [N]
 L = luz entre apoyos [cm]
 b = ancho medio de la probeta [cm]
 h = altura media de la probeta [cm]

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
 Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
 Av. Central Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mr. Victor Rogelio Rojas Echea
 Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



ENSAYO DE FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGON

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 334.003, ASTM C78)

- TESIS** : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"
- TESISTA** : TORRES RUBIO ERICK OMAR
- ASUNTO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
- LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH
- UNIDAD** : TESTIGO CÚBICO DE CONCRETO 14 DÍAS SUSTITUYENDO 15% LAP

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Vigas

VIGA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS (cm)
V-01	50.00	15.10	15.10	45.00
V-02	50.00	15.00	15.10	45.00
V-03	50.00	15.10	15.00	45.00

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01	14518.80	1.90	1.95
V-02	14813.10	1.95	
V-03	15107.40	2.00	

$$R = \frac{QxL}{bxh^2}$$

DONDE

R = módulo de rotura [Mpa]

Q = carga máxima registrada [N]

L = luz entre apoyos [cm]

b = ancho medio de la probeta [cm]

h = altura media de la probeta [cm]

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio.



CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Victor Anacleto Rojas Rivera
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGON

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 334.003, ASTM C78)

- TESIS** : "DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ CON SUSTITUCION AL CEMENTO CON LADRILLO DE ARCILLA PULVERIZADO, NUEVO CHIMBOTE 2018"
- TESISTA** : TORRES RUBIO ERICK OMAR
- ASUNTO** : ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN
- LUGAR** : DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE – PROV. DEL SANTA – ANCASH
- UNIDAD** : TESTIGO CÚBICO DE CONCRETO 28 DÍAS SUSTITUYENDO 15% LAP

Tabla 1.1 Dimensionamiento de Vigas

VIGA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ ENTRE APOYOS (cm)
V-01	50.00	15.10	15.00	45.10
V-02	50.00	15.00	15.10	45.00
V-03	50.00	15.10	15.00	45.00

Resultados obtenidos del ensayo:

VIGA	Carga Max. (N)	Módulo de Rotura	Módulo de Rotura Promedio (Mpa)
V-01	15009.30	1.99	1.98
V-02	15107.40	1.99	
V-03	14715.00	1.95	

$$R = \frac{QxL}{bxh^2}$$

DONDE

R = módulo de rotura [Mpa]

Q = carga máxima registrada [N]

L = luz entre apoyos [cm]

b = ancho medio de la probeta [cm]

h = altura media de la probeta [cm]

Nota:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires
Av. Central Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Vinton Robinson Rojas Silva
Ingeniero de la Especialidad de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TECNICO DE LABORATORIO




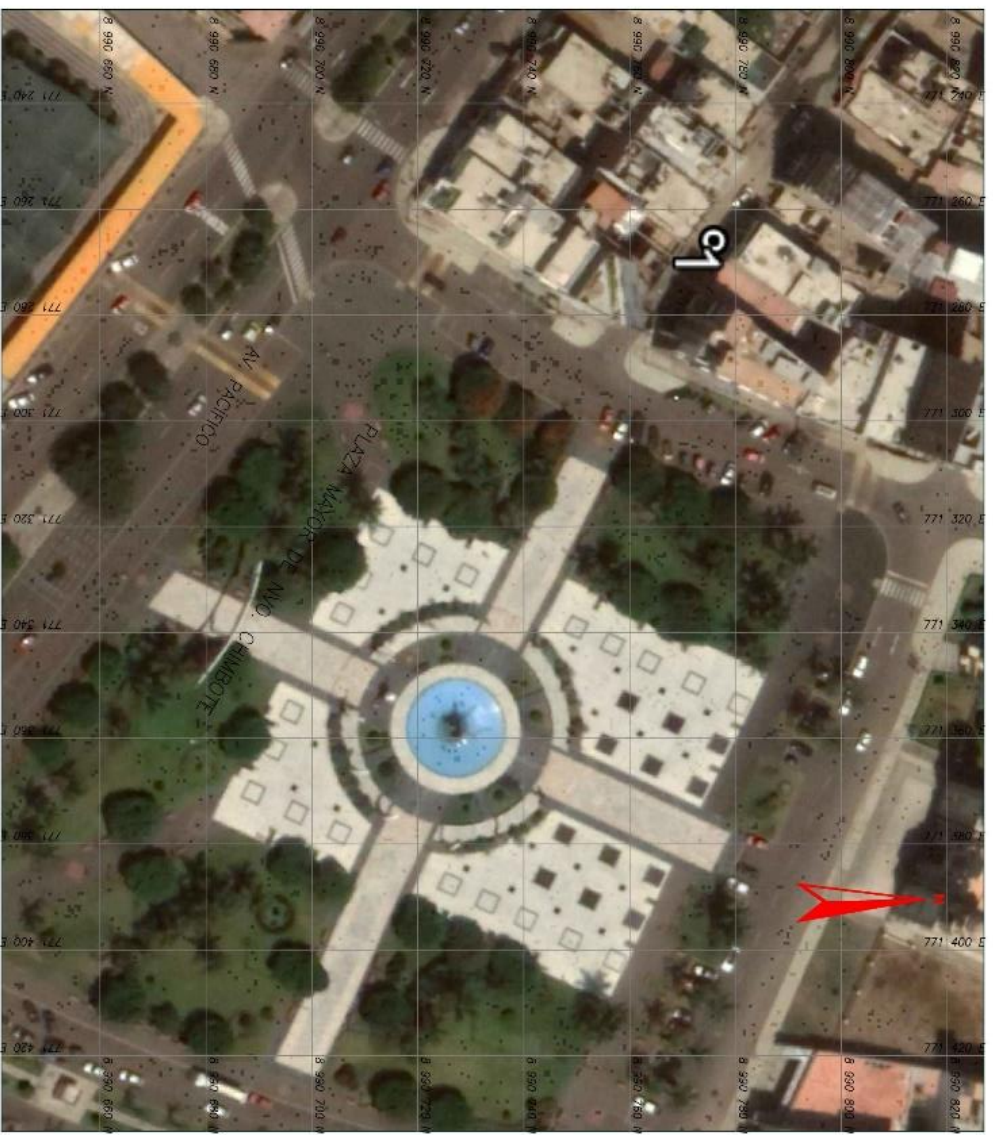
fb/ucv.peru
@ucv_peru
#salirade ante
ucv.edu.pe

ANEXO 05

PLANOS



 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		
CANTERA SAN PEDRITO Y CANTERA LA CARBONERA		
ALUMNO:	REGION: AREQUIBA	
TORRES INDIENKQUMI	PROVINCIA: SANTA	
ASIGNATURA:	DISTRITO: SANMATEO NEPEÑA	
DESARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACION	FECHA: MARZO DE 2019	
PLANO:	COORDENADAS UTM:	FECHA:
UBICACION	775 000 E 776 500 E 778 000 E 779 500 E 781 000 E 782 500 E 784 000 E 785 500 E 787 000 E 788 500 E 790 000 E 791 500 E	MARZO DE 2019



1er PUNTO DE OBTENCIÓN DE LADRILLO DE ARCILLA

ALUMNO:		REGION:	
TORRES RUBIO ERICK QIMAR		ANCASH	
ASIGNATURA:		PROVINCIA:	
DESARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACION		SANTA	
PLANO:		DISTRITO:	
UBICACIÓN		NUEVO CHIMBOTE	
COORDENADAS UTM	FECHA:		
771360 E 8980776.00 S	MARZO DE 2018		



**2do y 3er PUNTO DE OBTENCIÓN
DE LADRILLO DE ARCILLA**

ALUMNO: TORRES RUBIO ERICK OMAR		REGION: ANCASH	
ASIGNATURA: DESARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACION		PROVINCIA: SAMBA	
PLANO: UBICACIÓN		DISTRITO: NIENJO CHINSCHE	
COORDENADAS UTM 780440 E 8907700 N	771210 E 8907700 N	FECHA: MARZO DE 2018	

ANEXO 06

PANEL FOTOGRAFICO



Ilustración 1. Residuos de construcción vertidos por personal de la municipalidad



Ilustración 2. Distancia de influencia de residuos de construcción y demolición en la carretera panamericana- Nuevo Chimbote.



Ilustración 3. Residuos de construcción y demolición de obra privada en Nvo. Chimbote.



Ilustración 4. Ladrillo de arcilla pulverizado.



Ilustración 5. Análisis de agregados para diseño de mezcla.



Ilustración 6. Cemento y ladrillo pulverizado.



Ilustración 7. Preparación de mezcla.



Ilustración 8. Determinación de asentamiento.



Ilustración 9. Especímenes en moldes.



Ilustración 10. Probetas cilíndricas.



Ilustración 11. Viguetas para ensayo a flexión.



Ilustración 12. Curado de especímenes en poza.



Ilustración 13. Ensayos mecánicos.