



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño estructural de vivienda multifamiliar de 4 niveles incorporando ceniza de carbón al
concreto, Canto Grande, San Juan de Lurigancho, 2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Alfonzo Breña, Saul (ORCID: 0000-0002-2755-4340)

Hurtado Quispe, Dennis (ORCID: 0000-0003-2948-4195)

ASESOR:

Mg. César Paccha Rufasto (ORCID: 0000-0003-2085-3046)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2019

Dedicatoria:

A mi madre, por todo el sacrificio y dedicación que me dedicó en todo el proceso de formación de mi vida y porque es mi motivación para lograr mis metas.

A mis maestros, por que sirvieron de ejemplo como profesionales y colaboraron en mi búsqueda de conocimiento e investigación.

Saul Alfonzo.

Dedicatoria:

A Dios por darme una familia muy comprensiva y unida.

A mis padres por su constante apoyo en mi formación profesional.

A mis hermanos y amigos en general porque me motivan a seguir adelante y ser un buen profesional.

Dennis Hurtado.

Agradecimiento:

A mi familia en general, por todo el apoyo que me brindaron.

A los buenos docentes que colaboraron en mi formación profesional.

Al AMERICAN CONCRETE INSTITUTE por influir en mi interés por la investigación y liderazgo.

Saul Alfonzo.

Agradecimiento:

A mis padres por su constante apoyo en mi formación profesional

A mis profesores y amigos en general porque me motivan a seguir adelante y ser un buen profesional.

Dennis Hurtado.

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| Dedicatoria..... | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Índice | iv |
| Resumen | x |
| Abstract..... | xi |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MÉTODO | 30 |
| Tipo de Investigación..... | 31 |
| Método de Investigación..... | 31 |
| Diseño de investigación | 32 |
| Nivel de Investigación | 32 |
| Variables y operacionalización de variables..... | 32 |
| Población y Muestra | 34 |
| Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..... | 36 |
| Procedimiento | 38 |
| Método de análisis de datos | 57 |
| Aspectos éticos..... | 57 |
| III. RESULTADOS | 58 |
| Resistencia a compresión del concreto | 59 |
| Contenido químico de ceniza de carbón | 60 |
| Capacidad de carga admisible del suelo | 60 |
| Análisis sísmico de la estructura..... | 62 |
| IV. DISCUSIÓN..... | 69 |
| Generalidades..... | 70 |
| Propiedades del concreto | 70 |
| Análisis sísmico dinámico modal espectral | 73 |
| V. CONCLUSIONES..... | 75 |
| VI. RECOMENDACIONES | 78 |
| REFERENCIAS | 80 |

| | |
|--|-----|
| ANEXOS | 86 |
| ANEXO A – 1. Matriz de consistencia... .. | 93 |
| ANEXO B..... | 94 |
| ANEXO B - 1. Ensayo de características físicas – muestra M-1 | 88 |
| ANEXO B - 2. Ensayo de características físicas - muestra M-2 | 89 |
| ANEXO B - 3. Ensayo de características físicas - muestra M-3 | 90 |
| ANEXO B - 4. Ensayo de corte directo - Esfuerzo normal: 1 kg/cm ² | 91 |
| ANEXO B - 5. Ensayo de corte directo - Esfuerzo normal: 2 kg/cm ² | 92 |
| ANEXO B - 6. Ensayo de corte directo - Esfuerzo normal: 4 kg/cm ² | 93 |
| ANEXO B - 7. Gráficos del ensayo de corte directo..... | 94 |
| ANEXO B - 8. Identificación, clasificación y peso volumétrico del suelo | 95 |
| ANEXO B - 9. Perfil estratigráfico del suelo | 96 |
| ANEXO B - 10. Ensayo de granulometría del agregado fino | 97 |
| ANEXO B - 11. Ensayo de granulometría del agregado grueso | 98 |
| ANEXO B - 12. Ensayo de peso específico del agregado fino y grueso..... | 99 |
| ANEXO B - 13. Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso y fino..... | 100 |
| ANEXO B - 14. Ensayo de peso específico del concreto patrón y con diferentes porcentajes de ceniza de carbón | 101 |
| ANEXO B - 15. Ensayo de contenido químico de la ceniza de carbón | 102 |
| ANEXO B - 16. Certificado de calibración de prensa para ensayo a compresión de concreto | 103 |
| ANEXO B - 17. Ensayo de resistencia a compresión de concreto patrón..... | 104 |
| ANEXO B - 18. Ensayo a compresión de concreto 95%C+5%CC..... | 105 |
| ANEXO B - 19. Ensayo de resistencia a compresión de concreto 92.5%C+7.5%CC | 106 |
| ANEXO B - 20. Ensayo de resistencia a compresión de concreto 90%C+10%CC | 107 |
| ANEXO C..... | 114 |
| ANEXO C - 1. Ensayo de granulometría de los agregados..... | 108 |
| ANEXO C - 2. Ensayo de granulometría de la ceniza de carbón..... | 109 |
| ANEXO C - 3. Elaboración de concreto patrón, 95%C+5%CC, 92.5%C+7.5%CC y 90%C+10%CC, f'c=210 kg/cm ² | 110 |
| ANEXO C - 4. Determinación del peso específico del concreto patrón e incorporado con diferentes porcentajes de ceniza de carbón..... | 110 |
| ANEXO C - 5. Ensayo de asentamiento con Cono de Abrams..... | 111 |
| ANEXO C - 6. Desencofrado y curado de probetas cilíndricas de 15x30cm..... | 111 |
| ANEXO C - 7. Ensayo de resistencia a compresión de probetas | 112 |
| ANEXO D | 119 |
| ANEXO D - 1. Validación de ficha para recolectar resultados de resistencia a compresión de las probetas realizadas..... | 113 |
| ANEXO D - 2. Validación de ficha para recolectar resultados de propiedades físicas de los materiales componentes de la mezcla de concreto | 114 |
| ANEXO E. Planos... .. | 121 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Operacionalización de variables..... | 33 |
| Tabla 2. Resumen de la cantidad de testigos cilíndricos..... | 35 |
| Tabla 3. Ficha de resultados para ensayo a compresión de concreto..... | 37 |
| Tabla 4. Resumen de cantidad de materiales para las muestras..... | 42 |
| Tabla 5. Características de materiales a utilizar..... | 49 |
| Tabla 6. Pesos unitarios según RNE. E-020 "Cargas" | 49 |
| Tabla 7. Densidad de los muros en dirección X e Y..... | 50 |
| Tabla 8. Datos de columna C-1 | 53 |
| Tabla 9. Datos de viga V – 101 | 54 |
| Tabla 10. Resultados de resistencia a compresión de testigos cilíndricos | 59 |
| Tabla 11. Resultados obtenidos del análisis químico de la ceniza de carbón | 60 |
| Tabla 12. Coeficiente de Balasto | 61 |
| Tabla 13. Desplazamientos laterales absolutos para cada nivel (Derivas)..... | 63 |
| Tabla 14. Desplazamientos laterales absolutos para cada nivel (Derivas) – 1..... | 64 |
| Tabla 15. Desplazamientos laterales absolutos para cada nivel (Derivas) – 2..... | 65 |
| Tabla 16. Coeficientes de participación de masas y periodo fundamental de vibración..... | 66 |
| Tabla 17. Centros de masa, centro de rigidez y excentricidades de cada planta..... | 67 |
| Tabla 18. Cortante dinámico CQC | 67 |
| Tabla 19. Peso sísmico de la estructura | 68 |
| Tabla 20. “Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta” | 68 |
| Tabla 21. “Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte y por planta” | 68 |
| Tabla 22. Resumen de ensayo de revenimiento de la mezcla de concreto. | 71 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Cemento Portland - Composición química | 10 |
| Figura 2. Límites químicos que el agua debe tener al ser empleada en mezclas | 14 |
| Figura 3. Requerimientos químicos (Chemical Requirements)..... | 15 |
| Figura 4. Requerimientos físicos (Physical Requirements)..... | 16 |
| Figura 5. Elementos estructurales que componen un sistema de albañilería confinada | 23 |
| Figura 6. Esquema general de la población..... | 34 |
| Figura 7. Asentamientos recomendados para diversos tipos de obras..... | 39 |
| Figura 8. Cantidades aproximadas de agua de amasado para diferentes slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire..... | 40 |
| Figura 9. Relación Agua/Cemento vs $f'c$ | 40 |
| Figura 10. Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto..... | 41 |
| Figura 11. Mapa topográfico de la provincia de Lima, en ella se muestra la elevación del lugar de estudio en msnm..... | 43 |
| Figura 12. Capacidad última de carga para cimiento corrido..... | 44 |
| Figura 13. Ecuación de capacidad de carga última..... | 44 |
| Figura 14. Factores de capacidad de carga adimensionales | 45 |
| Figura 15. Vista de elevación frontal y lateral de vivienda multifamiliar | 47 |
| Figura 16. Plano en planta típica de niveles superiores - vivienda multifamiliar | 48 |
| Figura 17. Plano en planta de nivel 1 - vivienda multifamiliar | 48 |
| Figura 18. Fuerzas internas en columnas de confinamiento..... | 51 |
| Figura 19. A) Columna sin muros transversales, B) Columna con muro transversal..... | 52 |
| Figura 20. Configuración de concreto con datos de estudio, Software Cypecad. | 55 |
| Figura 21. Configuración según NTP E.030, Software Cypecad | 55 |
| Figura 22. Configuración de datos generales, Software Cypecad | 56 |
| Figura 23. Vista frontal en 3 dimensiones del modelado final de la estructura - Software Cypecad | 56 |
| Figura 24. Capacidad de carga admisible para cimentación corrida. | 60 |
| Figura 25. Capacidad de carga admisible para cimentación cuadrada | 60 |
| Figura 26. Módulo de Balasto para distintos Q_{adm} . - CALAMEÓ | 61 |
| Figura 27. Modelo analítico del cálculo de la estructura, derecha vista 3D, izquierda vista frontal - Cypecad..... | 62 |
| Figura 28. Deformada de la estructura - Software Cypecad..... | 62 |
| Figura 29. Izquierda: Espectro de diseño dirección “X”, derecha: Espectro de diseño dirección “Y” - Software Cypecad. | 65 |
| Figura 30. Cortante basal estático. | 67 |
| Figura 31. Evolución de la resistencia a compresión del concreto incorporado en diferentes porcentajes de CC | 71 |
| Figura 32. Porcentaje de resistencia del concreto en días determinados | 72 |
| Figura 33. Evolución de resistencia a compresión del concreto adicionado con diferentes porcentajes de ceniza de carbón | 72 |
| Figura 34. Límites de distorsión - N.T.P. E-030 | 73 |
| Figura 35. Verificación de la condición de cortante basal..... | 74 |
| Figura 36. Tamizado de arena gruesa..... | 108 |
| Figura 37. Tamizado de la piedra chancada | 108 |

| | |
|---|-----|
| Figura 38. Ceniza de carbón..... | 109 |
| Figura 39. Tamizado de la ceniza de carbón. | 109 |
| Figura 40. Proceso de mezcla de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ | 110 |
| Figura 41. Compactado y pesado de la mezcla de concreto para determinar su peso específico. | 110 |
| Figura 42. Compactado con varilla (25 veces) para el ensayo de asentamiento. | 111 |
| Figura 43. Probetas desencofradas y proceso de curado | 111 |
| Figura 44. Probetas post ensayo de resistencia a compresión..... | 112 |

RESUMEN

El presente estudio tiene como propósito disminuir el uso del cemento portland ya que es el material en construcción más utilizado en la actualidad y su producción no es ambientalmente sostenible según los registros de emisión de CO₂ al año que proporcionó el Ministerio del Ambiente (MINAM), así que el objetivo principal es incorporar proporciones de ceniza de carbón a la mezcla de concreto de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para emplearlo en el diseño estructural de una vivienda multifamiliar de 4 niveles en albañilería confinada, determinar las características técnicas de cada uno de los materiales componentes en la mezcla, de esa forma poder obtener las propiedades mecánicas del concreto en su estado fresco y endurecido y realizar un análisis dinámico modal espectral a la estructura. Para ello se recolectó 15 kg de ceniza de carbón al cual previamente se hizo un análisis de contenido químico para ver si cumple o no las especificaciones de la Norma ASTM C-618 para cenizas de cala N, luego de verificar su cumplimiento se elaboró 36 testigos cilíndricos de 15cm de diámetro y 30cm de altura para cada muestra de concreto, 9 de M-1 (100%C+0%CC), 9 de M-2 (95%C+5%CC), 9 de M-3 (92.5%C+7.5%CC) y 9 de M-4 (90%C+10%CC). Los resultados obtenidos después de realizar los ensayos de cono de Abrams y resistencia a la compresión (características principales del concreto en sus dos estados: fresco y endurecido) muestran que las muestras M-2, M-3 y M-4 poseen una evolución de resistencia por encima del porcentaje teórico a los 7, 14 y 28 días y superior a la muestra patrón (M-1), la trabajabilidad en de las muestras M-2, M-3 y M-4 en comparación a la muestra M-1, disminuyen en 0%, 2.5% y 17.5% respectivamente y la resistencia a compresión promedio a los 28 días de las muestras M-2, M-3, y M-4 alcanzan 227 kg/cm², 219 kg/cm² y 213 kg/cm² frente a los 215 kg/cm² alcanzado por la muestra patrón. De las 4 muestras, para el diseño de la estructura de albañilería confinada de 4 niveles se elige la muestra M-4 ya que se pretende reemplazar en mayor cantidad el uso de cemento y los resultados que se obtiene para esta muestra no son desfavorables; el análisis dinámico modal espectral realizado a la estructura cumple con lo indicado en la Norma Técnica Peruana E-030 “Diseño Sismoresistente”.

PALABRAS CLAVE:

Cemento portland, ceniza de carbón, resistencia a la compresión, análisis dinámico, albañilería confinada.

ABSTRACT

The purpose of this research is to reduce the use of Portland cement as it is the most commonly used construction material and its production is not environmentally sustainable according to the CO₂ emission records a year provided by MINAM, so the main objective it is to incorporate carbon ash proportions to the concrete mix of resistance $f'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$ to be used in the structural design of a 4-level multifamily house in confined masonry, to determine the technical characteristics of each of the component materials in the mixture, in this way to be able to obtain the mechanical properties of the concrete in its fresh and hardened state and perform a dynamic modal spectral analysis to the structure. For this, 15 kg of coal ash was collected, which was previously analyzed for chemical content to see whether or not it meets the specifications of ASTM C-618 Standard for Class N ashes, after verifying compliance, 36 witnesses were prepared. cylindrical 15cm in diameter and 30cm high for each concrete sample, 9 of M-1 (100% C + 0% CC), 9 of M-2 (95% C + 5% CC), 9 of M-3 (92.5% C + 7.5% CC) and 9 of M-4 (90% C + 10% CC). The results obtained after the Abrams cone and compression resistance tests (main characteristics of the concrete in its two states: fresh and hardened) show that samples M-2, M-3 and M-4 have an evolution of resistance above the theoretical percentage at 7, 14 and 28 days and higher than the standard sample (M-1), workability in samples M-2, M-3 and M-4 compared to sample M-1, decrease by 0%, 2.5% and 17.5% respectively and the average compressive strength at 28 days of the samples M-2, M-3, and M-4 reach 227 kg / cm², 219 kg / cm² and 213 kg / cm² compared to 215 kg / cm² reached by the standard sample. Of the 4 samples, the M-4 sample is chosen for the design of the 4-level confined masonry structure since it is intended to replace the use of cement in greater quantity and the results obtained for this sample are not unfavorable; The dynamic modal spectral analysis performed on the structure complies with what is indicated in the Peruvian Technical Standard E-030 "Design Sismo-resistente".

KEYWORDS:

Portland cement, coal ash, compressive strength, dynamic analysis, confined masonry.

I. INTRODUCCIÓN

Realidad Problemática

Hoy en día, el cemento es el material con mayor demanda y costo para la fabricación de concreto, esto se traduce al final en incremento de costo para la construcción de estructuras que van desde un núcleo básico a un edificio con gran cantidad de niveles; sin embargo, la implicancia del cemento va más allá de solo economía o construcción; es así que Watts en su artículo publicado en el medio de comunicación digital “eldiario.es” con respecto al cemento menciona que:

Después del agua, el cemento es la sustancia más utilizada en la Tierra. Si la industria del cemento fuese un país, sería el tercer país del mundo con más emisiones de dióxido de carbono en el mundo con alrededor de 2.800 millones de toneladas, solo superado por China y Estados Unidos. (2019, párr. 2).

Adicionalmente, en dicho artículo hace referencia a que el cemento es una transformación de materias primas que nos ha permitido diversas protecciones, como refugiarnos ante las lluvias, brindarnos un espacio de confort ante el frío y que el ser humano evite ensuciarse los pies en la tierra; todo esto se traduce como el desarrollo del hombre para intentar domar a la naturaleza. Antagónicamente este desarrollo hace que, grandes extensiones de terreno fértil queden sepultados, diversos ríos queden afectados y congestionados en su cauce, los hábitats simplemente son desplazados y sin que nos demos cuenta este desarrollo, tan compacta y dura como una roca, nos encierra en un espacio supuestamente avanzada y nos aísla de nuestro entorno exterior, dejando atrás a todo lo natural, volviéndonos ciegos y ajenos a la crisis ambiental que crece sin cesar (Watts, 2019, párr. 3).

Por otro lado, la industria de la madera y todos sus derivados a lo largo del tiempo han cumplido un rol importante en el desarrollo del hombre, el invento de la rueda con eje por ejemplo marcó un hito hacia el desarrollo automovilístico; en consecuencia, según el transcurso del tiempo la madera se ha centrado más en la fabricación de muebles, construcción y una parte en la elaboración de carbón para su uso en pollerías, panificadoras, etc.

Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), “Una gran parte de la población mundial utiliza leña para cocinar y calentar el hogar, sobre todo en los países en desarrollo” (Smith, 2019, párr. 1). El Perú es un país en desarrollo y una parte de su población, especialmente la sierra y selva, utiliza esta materia prima para preparar sus alimentos, por lo que, si comparamos la diferencia de emisión de CO₂ en la combustión de madera contra la emisión del mismo contaminante cuando se produce el cemento, la primera opción es por lejos inferior a la segunda. Es más, en un blog de “Madrid+d” publicado por Ruiz (2007) afirma que:

Al quemar un kilogramo de madera [...] los dos y pico kilogramos (depende de la cantidad de agua de la madera y de los hidrógenos del biocombustible) de CO₂ lanzados al aire habrían sido secuestrados del mismo los años anteriores a la quema, por la acción de la fotosíntesis. El resultado neto de la quema de madera o biocombustibles es así neutro o, dependiendo de la planta (Algunas incorporan CO₂ a las raíces, CO₂ que queda en el suelo), positivo contra el cambio climático. (párr. 3)

Es decir, la contaminación ambiental por la emisión de CO₂ al quemar madera es casi nula ya que esa misma cantidad de CO₂ emitida es la que la madera absorbió y almacenó del medio ambiente durante su periodo de vida como planta (Ruiz, 2007, párr. 3).

Consecuentemente a lo que se mencionó en párrafos anteriores, surge la necesidad de sustituir parcialmente el cemento en la fabricación del concreto y conseguir masificarlo ya que en tanto se pueda sustituir un mínimo porcentaje de cemento por ceniza en la elaboración de 1 m³ de concreto, estaremos contribuyendo a la disminución de emisiones de CO₂ al medio que nos rodea, porque si multiplicamos el porcentaje de ceniza sustituto en 1 m³(metro cúbico) por el volumen de concreto total que se produce en el Perú, se puede tener una cantidad significativa y así generar un efecto positivo al cambio climático; pero este concreto ecológico necesariamente debe tener todas las propiedades físicas y mecánicas que especifica la N.T.P. y para ello se realiza la investigación y todos los ensayos que propone la Normativa Nacional e Internacional.

Finalmente, la elaboración de concreto con incorporación de ceniza de carbón reemplazando parcialmente el cemento permite reutilizar un material que es muy sencillo de conseguir y a un costo muy bajo, sólo requiere cumplir con todas las especificaciones técnicas que proporciona el Reglamento Nacional de Edificaciones; cabe mencionar la existencia de investigaciones que usaron ceniza de otros productos naturales como, bagazo de caña de

azúcar y cascarilla de arroz, se obtuvieron resultados positivos en cuanto a resistencia, incluso se obtiene una mejora en esa característica mecánica.

Trabajos previos

Internacional

Aizpurúa, Moreno y Caballero (2018) investigaron acerca del “Estudio del concreto de alta resistencia con el uso de cenizas de materiales orgánicos y polímeros” tuvieron como objetivo principal “Estudiar el efecto de la adición de caucho y cenizas de materiales orgánicos en la resistencia a compresión y la capacidad de deformación del concreto de alta resistencia”. Para ello dividió la investigación en dos fases, la primera se centró en la selección de los porcentajes óptimos de ceniza; tanto de cáscaras de huevo como cascarilla de arroz y la segunda tuvo por objetivo la utilización de los porcentajes óptimos de cada tipo de ceniza, adicionando además diferentes porcentajes de caucho. Por otro lado, realizó estudios experimentales sobre la adición de caucho reciclado de neumáticos a las mezclas de concreto, donde por eficiencia de trabajabilidad y propiedades mecánicas que presenta el concreto, las adiciones de caucho a las que se limitaron fueron de 3.5% y 5% en volumen del concreto; la conclusión a la que llegaron fue que “El concreto de alta resistencia mejorado con cenizas de cáscara de huevo presenta un incremento de resistencia a compresión”. Esto se debe a que la ceniza que se obtuvo por incineración de la cáscara presenta óxido de calcio (CaO) en gran cantidad, el cual es fundamental para la formación de los compuestos cementantes responsables del desarrollo de resistencia del cemento. La proporción óptima de ceniza de cáscara de huevo es 1.5%.

Camargo e Higuera (2017) realizaron un estudio de título “Concreto hidráulico modificado con sílice obtenida de la cascarilla del arroz” tuvieron como objetivo “Mejorar las propiedades del concreto hidráulico, principalmente la resistencia a compresión y la ductilidad”. Para lo cual optaron por dividirlo en dos procedimientos; en la primera de ellas “se realizaron pruebas de resistencia a compresión de cilindros de concreto para dos proporciones de ceniza de cáscara de huevo (1.5% y 2.0%), dos proporciones de ceniza obtenido de la cascarilla de arroz (1.5% y 2.0%), además de la mezcla base para determinar el porcentaje óptimo de ceniza. En la segunda fase, se ensayaron especímenes cilíndricos para determinar la resistencia a compresión, y viguetas para determinar la capacidad de carga a flexión y deformación, para cinco mezclas de

concreto con la adición del porcentaje óptimo de ceniza determinado en la fase anterior y la adición de caucho molido en proporciones de 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0%”. La conclusión a la que llegaron es que “Las muestras con sustitución del 5% presentaron un comportamiento mecánico superior a las muestras patrón en los ensayos de resistencia a la compresión, tracción indirecta y flexión, por lo tanto se evidencia el aporte en la resistencia de la ceniza de cascarilla del arroz, sin embargo para los porcentajes de sustitución del 15% y 30% se genera una pérdida significativa de resistencia y no pueden ser usados para la fabricación de concreto hidráulico para pavimento rígido” (p. 107).

Canul, Moreno y Mendoza-Rangel (2016) realizaron una investigación a la cual titularon “Efecto de la ceniza volante en las propiedades mecánicas de concretos hechos con agregados calizo triturado de alta absorción”. El objetivo general de la investigación mencionada fue “Mejorar las propiedades mecánicas del concreto elaborado con este tipo de agregado incorporando ceniza volante (CV)”. Para lo cual se midieron las propiedades mecánicas siguientes: Resistencia del concreto al esfuerzo de compresión y su módulo de elasticidad, para ello emplearon relaciones de agua-cemento de 0.5 y 0.7; la ceniza volante se adicionó como sustituto parcial del cemento en proporciones del 20% y el 40%, como aditivo mineral en un 10% y 20%. Los resultados obtenidos indican que “La ceniza volante puede ser usada en concretos con ACTAA como agregado fino ya que logra mantener una resistencia a compresión similar a la referencia”.

Silva y Delvasto (2018) realizaron una investigación titulada “Concreto autocompactante con materiales cementicios suplementarios de Colombia”, los investigadores en el mencionado artículo incluyeron la información acerca de las propiedades mecánicas de los concretos autocompactantes con distintas adiciones y los efectos ocasionados en cuanto a propiedades en estado fresco. Las adiciones que estudiaron fueron “[...] la ceniza volante, polvo de la piedra caliza, escoria de alto horno, tobas volcánicas, metacaolín y residuos de mampostería (ladrillo de arcilla y mortero cemento portland molido) [...]”. De la información recolectada, interesa los ensayos de la adición de ceniza volante para lo cual en dicho estudio se incluyó la ceniza en 35% y 50%. Los resultados que obtuvieron fue que el reemplazo del cemento portland por ceniza volante generó un mayor flujo de asentamiento del 2.54% para el 35% de reemplazo y el 2.83% para el reemplazo del 50%; además, “La mezcla con mayor resistencia (43.4 MPa) a 28 días de curado fue la que contenía 35% de

ceniza volante (con 13% más de resistencia que su mezcla de referencia – CAC 100_FA-0), aunque hay que resaltar que es la mezcla con mayor contenido de material cementante (550 kg/m³). En conclusión, los materiales empleados en el estudio (como la ceniza volante), “Sí tienen potencial para ser adicionados en los concretos autocompactantes y obtener propiedades adecuadas en las mezclas, tanto en estado fresco como endurecido” (p. 518).

Por otro lado, Manzanera *et al.* (2017) en su investigación titulado: “Ceniza de bagazo de caña de azúcar como material puzolánico” tuvieron como objetivo “Verificar el potencial de uso de la ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustitución parcial del cemento Portland”. Para ello, la fase experimental la dividieron en dos etapas; “En la primera, realizaron análisis mineralógicos y químicos con dos muestras de ceniza crudas y calcinadas a una temperatura de 600°C durante 6h y en la segunda etapa, se observó que las cenizas calcinadas presentaban una mayor cantidad de material en estado amorfo, lo que posiblemente hizo que el material fuera el más reactivo”. Razón por el cual, la ceniza calcinada tuvo que ser molida durante 1 a 2 horas; se evaluó la sustitución parcial del cemento Portland en porcentajes de 10, 20 y 30% por CBCA. Al final, “Los resultados mostraron un incremento demostrado que tanto la ceniza in-natura como la ceniza calcinada deben ser sometidas a un proceso de molienda para presentar actividad puzolánica”.

A nivel Nacional

Quispe (2018) realizó un estudio titulado “Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de cáscara de arroz en la zona altiplánica” tuvo como objetivo principal “Evaluar la variación de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de cáscara de arroz en la zona altiplánica y el costo unitario de producción”. Para ello el investigador elaboró “13 testigos de concreto patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y 117 especímenes de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con diferentes porcentajes de sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz; Al realizar los ensayos de resistencia a la compresión a los 14, 28 y 56 días de curado a una temperatura promedio de 13°C (temperatura representativa de la ciudad de Puno)”. Como resultado demostraron que “La ceniza de cascara de arroz mejora la resistencia a la compresión en relación al concreto patrón a los 28 días en 1.47%, 0.70% y 4,96% cuando se sustituye la ceniza de cascara de arroz al cemento en el grupo de concreto

95%C+5%CCA, 90%C+5%CCA y 90%C+10%CCA y el costo unitario de producción disminuye en 1.41%, 5.82% y 2.82% respectivamente, mientras que el los grupos de concreto 85%C+5%CCA, 85%C+10%CCA, 85%C+15%CCA, 80%C+5%CCA, 85%C+10%CCA y 85%C+20%CCA disminuye la resistencia a la compresión en 13.62%, 3.55%, 22.45%, 17.44%, 15.77% y 25.35% respecto al concreto patrón”.

Lencinas e Incahunaco (2017) en su investigación titulado “Evaluación de mezclas de concreto con adiciones de ceniza de paja de trigo como sustituto en porcentaje del cemento portland puzolánico IP en la zona altiplánica”, tuvieron como objetivo principal “Determinar la influencia en cuanto a características físicas (slump) y mecánicas (f_c) en mezclas de concreto con el uso de la Ceniza de paja de Trigo de la Región como sustituto en porcentaje del cemento portland”. Para esto los investigadores tuvieron que realizar “Ensayos comparativos entre el concreto patrón con una resistencia de $f_c=210$ kg/cm² a los 28 días y un slump de 3.2” (trabajable), sin inclusión de la ceniza de paja de trigo; y un concreto con contenido de ceniza de paja de trigo en diferentes porcentajes (2.5%, 5%, 7.5%, 10%) como sustituto en peso del cemento Portland Puzolánico IP. Se utilizaron testigos de concreto de 4pulg. de diámetro con 8pulg. de altura y de 6pulg. de diámetro con 12pulg. de altura; las propiedades de los testigos de concreto fueron observadas a las edades de 7, 14 y 28 días; con un curado a una temperatura promedio de 13°C (temperatura del agua y del medio normal en nuestra zona)”. El resultado arrojó que “Al hacer uso de la ceniza de paja de trigo como sustituto en porcentaje del cemento portland puzolánico IP se obtuvieron resistencias con variaciones, superiores en 0.54% (con 2.5% de ceniza) e inferiores en 0.85% (con 5% de ceniza), con respecto a un concreto convencional (sin cenizas de paja de trigo) a la edad de 28 días; para este concreto, las adiciones de ceniza fueron de 2.5% y 5% del peso del cemento portland puzolánico IP y un asentamiento (slump) de 2.6 y 2.1 pulgadas respectivamente que nos indica una disminución de la trabajabilidad”.

Iglesias y Yupanqui (2016) realizaron una investigación titulada “Utilización de la ceniza de cáscara de arroz del valle de majes como adición al cemento para la elaboración de concreto con resistencias 140 kg/cm², 175 kg/cm², 210 kg/cm², 280 kg/cm² y 350 kg/cm² en la ciudad de Arequipa” con el fin de “Utilizar la ceniza de la cáscara de arroz proveniente del

valle de Majes y emplearlo en la construcción en la ciudad de Arequipa”. Para ello “realizaron todos los ensayos para determinar la composición química de la ceniza para luego realizar el diseño de mezcla en comparación de un concreto convencional”. Llegando a la conclusión que “Las propiedades mecánicas y de durabilidad se vieron afectadas por el uso de CCA como reemplazo parcial del cemento, presentando un comportamiento generalizado de aumento de valores frente a los presentados por la muestra sin sustitución de CCA. Los concretos con mayores pérdidas en la resistencia a la compresión son los que contienen altos porcentajes de sustitución CCA. Sin embargo, la resistencia a la compresión con 5 % y 10 % de adición presentaron resultados similares y mayores a largo plazo”.

Galicia y Velásquez (2016) elaboraron una investigación titulada “Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con ceniza de rastrojo de maíz elaborado con agregados de las canteras de Cunyac y Vicho con respecto a un concreto patrón de calidad $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ ” teniendo como objetivo general “Analizar comparativamente la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y consistencia de un concreto adicionado con diferentes porcentajes de ceniza de rastrojo de maíz elaborado con agregados de las canteras de Cunyac y Vicho con respecto a un concreto patrón de calidad $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ ”. Para ello se basaron en muestras de concreto “Ensayadas en proporciones de 2.5%, 5% y 7.5% de ceniza de rastrojo de maíz con respecto al peso del cemento, para 7, 14 y 28 día de edad y especímenes rectangulares en proporción del 5% con respecto al peso del cemento, para 28 día de edad”. Las conclusiones a las que llegaron son; “La adición de 2.5%, 5% y 7.5% de ceniza de rastrojo de maíz a los 7 días para la resistencia a la compresión obtuvo un incremento del 50%, 55% y 110% respectivamente con respecto al concreto patrón, a los 14 días se obtuvo un incremento del 34%, 40% y 81% y a los 28 días se obtuvo un incremento del 30%, 35% y 47% respectivamente respecto al concreto patrón; en cuanto a la adición del 5% de ceniza de rastrojo de maíz a los 28 días para la resistencia a la flexión se obtuvo 19.2 kg/cm^2 frente a una resistencia a la flexión de 20.99 kg/cm^2 alcanzada por el concreto patrón”.

Asimismo, Pérez (2018) realizó una investigación al cual tituló “Estudio de la resistencia a la compresión del concreto 210 kg/cm^2 con ceniza de bagazo de caña de azúcar Pimentel, Chiclayo” teniendo como objeto principal “Diseñar concreto con material reciclado, con

ceniza de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia mecánica del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ ". Para lo cual se desarrollaron un total de 36 probetas, en resumen, realizaron la observación de forma directa de cada uno de los hechos en el proceso de la investigación. La conclusión alcanzada es que "Se demuestra que el uso de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en un 8% en peso del cemento portland se obtiene una ganancia de resistencia a los 28 días de 10.97%, mientras que para porcentajes de 10% y 15%, la resistencia baja en 10.76% y 22.38% respectivamente".

Teorías relacionadas al tema

Cemento Portland

"Un material cementante es aquel que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados inertes y conformar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuadas." (Nilson, 2001, p. 28)

Asimismo, Nilson (2001) afirma que "El cemento Portland es un material grisáceo finamente pulverizado, conformado fundamentalmente por silicatos de calcio y aluminio" (p. 28)

"Desde que Joseph Aspdin patentó el cemento portland en 1824, se han desarrollado varios tipos de cemento en polvo. Se requiere que cada tipo producido se ajuste a una norma y se debe utilizar para un determinado trabajo" (Bayley, 2001, p.59).

Otro concepto con respecto al cemento nos proporciona Mamlouk y Zaniewski, donde nos mencionan lo que sigue:

El cemento portland es una cola instantánea (basta con añadir agua) que une las partículas de árido entre sí para formar el hormigón de cemento portland. Los especialistas en materiales que se ocupan de la selección, especificación y control de calidad de los proyectos de ingeniería civil deben conocer todo lo relativo a la producción, composición química, propiedades de hidratación y propiedades físicas del cemento portland (2009, p. 211).

Composición química del cemento Portland

En un artículo publicado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste presentan la tabla 1, donde nos presentan un resumen de la composición química del cemento portland, la fórmula de cada uno de ellos, la fórmula de los óxidos y el porcentaje contenido en cada uno de ellos, así como se muestra a continuación:

| NOMBRE | FÓRMULA | FÓRMULA DE ÓXIDOS | PORCIENTO |
|--------------------------------|--|---|-----------|
| Silicato dicálcico | Ca_2SiO_4 | $\text{SiO}_2 \cdot 2\text{CaO}$ | 32% |
| Silicato tricálcico | Ca_3SiO_5 | $\text{SiO}_2 \cdot 3\text{CaO}$ | 40% |
| Aluminato tricálcico | $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ | $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}$ | 10% |
| Ferroaluminato tetra cálcico | $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_{10}$ | $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{CaO}$ | 9% |
| Sulfato de calcio ¹ | CaSO_4 | | 2-3% |

Figura 1. Cemento Portland - Composición química

Fuente: Universidad Nacional del Nordeste – Facultad de Ingeniería.

Tipos de cemento Portland

El ASTM (American Society for Testing and Materials) presenta una clasificación de los cementos portland en 5 tipos, como se muestra en la figura a continuación:

| |
|---|
| <p>Tipo I: el cemento común de usos múltiples empleado en trabajos de construcción en general.</p> <p>Tipo II: un cemento modificado que tiene menor calor de hidratación que el Tipo I y puede resistir alguna exposición al ataque de los sulfatos.</p> <p>Tipo III: un cemento de fraguado rápido que produce en las primeras 24 horas un concreto con una resistencia aproximadamente del doble que la del cemento tipo I. Este cemento produce calor de hidratación muy alto.</p> <p>Tipo IV: un cemento de bajo calor que produce un concreto que disipa muy lentamente el calor. Se usa en estructuras de concreto de gran tamaño.</p> <p>Tipo V: un cemento usado para concretos que van a estar expuestos a altas concentraciones de sulfatos.</p> |
|---|

Figura 2. Tipos de Cemento Portland

Fuente: American Society for Testing and Materials

Cabe recalcar que los diferentes tipos de cemento se fabrican casi con las mismas composiciones, la variación de un cemento tipo depende de la dosificación. El tipo I, es el cemento común y los demás tipos derivan de él, ya sea en que obtengan mejores resistencias

ante el ataque de sulfatos, en cuanto al tiempo de fraguado puede disminuir o hacer que produzca bajo calor; esto va a depender de las necesidades que se tengan al momento de usar el concreto (McCormac y Brown, 2011, p.9)

Módulo de fineza del Cemento Portland

La finura de las partículas de cemento es una propiedad importante que hay que controlar cuidadosamente. Puesto que la hidratación comienza en la superficie de las partículas de cemento, cuanto más finas sean estas, mayor será el área superficial y más rápido se producirá la hidratación. Por tanto, la utilización de un material más fino tiene como resultado un desarrollo más rápido de la resistencia y un calor inicial de hidratación mayor. Incrementar la finura más allá de lo necesario para un cierto tipo de cemento incrementa los costes de producción y puede ser perjudicial para la calidad del hormigón. (Mamlouk y Zaniewsky, 2009, p. 213).

El cemento contiene partículas con un tamaño máximo de 0.09 mm, de todas las partículas contenidas en el cemento, el 85% y el 95% poseen tamaños menores a 0.045 mm, su diámetro promedio es de 0.01 mm; otro dato importante es que 1 kg de cemento portland está contenido aproximadamente por una cantidad de 7 billones de partículas. La finura del cemento indirectamente es medida por su área superficial con un aparato (Medición de la permeabilidad del aire de Blaine) normado por el ASTM C204 o por el Turbidímetro de Wagner que lo regula el ASTM C115. (Mamlouk y Zaniewsky, 2009, p. 234).

Gravedad Específica del Cemento Portland

Según Mamlouk y Zaniewsky (2009), “la gravedad específica del cemento portland es aproximadamente 3.15 y puede determinarse de acuerdo a la Norma ASTM C188” (p. 234)

Agregados

Según Nilson (2001), “Para concretos estructurales comunes, los agregados ocupan aproximadamente entre el 70 y el 75 por ciento del volumen de la masa endurecida.” (p. 29).

Además, acota lo siguiente:

Los agregados naturales se clasifican generalmente en finos y gruesos. Un agregado fino o arena es cualquier material que pase el tamiz No. 4, es decir, un tamiz con cuatro aberturas por pulgada lineal. El material más grueso que éste se clasifica como agregado grueso o grava. Cuando se desea una gradación óptima, los agregados se separan mediante tamizado, en dos o tres grupos

de diferente tamaño para las arenas y en varios grupos de diferente tamaño para las gravas. El tamaño máximo de agregado grueso para concreto reforzado está controlado por la facilidad con que éste debe entrar en las formaletas y en los espacios entre barras de refuerzo. Con este fin el agregado no debe ser mayor que un quinto de la dimensión más pequeña de las formaletas o un tercio del espesor de la losa, ni tres cuartos de la distancia mínima entre barras de refuerzo. (Nilson, 2001, p.30).

Bayley, nos da recomendaciones acerca de las propiedades de los agregados para que se pueda obtener concretos de una calidad óptima:

- La limpieza de los agregados es primordial, porque al existir ya sea arcilla, polvo u otras impurezas, estas impedirían la adecuada cohesión de los materiales. Para ello, deberán lavarse justo antes de ser entregado en el que se deberá hacer un control de calidad al cuidar que no contenga exceso de polvo en la piedra triturada.
- La resistencia a los esfuerzos de compresión del agregado, debe ser por lo menos igual a la resistencia de la pasta de cemento que conglomerará las partículas.
- Cuidar de que los agregados sean duraderos y estén libres de alguna hinchazón o descomposición.
- Procurar que no se presenten impurezas orgánicas, ya que puede afectar directamente al proceso de fraguado y endurecimiento del concreto.
- Tener mucho cuidado con las gravas y arenas marinas, ya que por su contenido de sal pueden causar el efecto de eflorescencia al concreto acabado, y no solo eso, sino que además es una de las causas para la corrosión del refuerzo (2001, p. 63).

Propiedades químicas de los agregados

Los agregados con alto contenido de sílice pueden producir reacciones negativas, en el concreto, al interactuar con sustancias alcalinas (Na_2O y K_2O) en un concreto. Estas reacciones pueden ser lentas o espaciosas, y consisten en la generación de hidróxidos de elementos alcalinos cuando éstos entran en contacto con el agua, posteriormente al combinarse con sílice hidratada generando un gel de silicato de sodio hidratado que conlleva un aumento de volumen de hasta el 50 %. (Mendoza, 2008, p. 9).

El autor también nos menciona todas las normativas utilizadas para el análisis de presencia de sustancias químicas en los agregados:

Las normas ASTM para determinar la presencia de sustancias y minerales que provocan reacciones con la pasta de cemento Pórtland, a corto, mediano o largo plazo son: método de la

barra de mortero para determinar la reactividad potencial del álcali (ASTM C-227), método químico para determinar la reactividad potencial álcali-sílice (ASTM C-289), examen petrográfico (ASTM C295) y método para determinar la reactividad potencial álcali-carbonato (ASTM C-586). En este trabajo se aplicará el examen petrográfico ASTM C-295 y como complemento la norma ASTM C-289 (el uso de ésta se debe a que los bancos en estudio son de origen volcánico). (Mendoza, 2008, p. 12)

Propiedades mecánicas de los agregados

Mendoza (2008) refiere que:

Para determinar la resistencia al desgaste de los agregados se emplea el ensayo en la máquina de los Ángeles, de acuerdo con la norma ASTM C-131, consiste, básicamente, en colocar el agregado dentro de un cilindro rotatorio con una carga de bolas de acero por un período de tiempo especificado en la norma anterior, después de lo cual se determina el porcentaje de desgaste sufrido. (p. 8).

Agua

El agua para la mezcla puede ser cualquiera, mientras que sea potable, sólo cumpliendo este último requisito podrá ser usado en la mezcla de concreto. Muy a menudo los que suministran materiales tratarán de usar agua obtenida de pozos que no son tratados, esto no es recomendable porque afecta al concreto en cuando a su tiempo de fraguado, a su resistencia y a lo largo del tiempo no se puede garantizar que tendrá una durabilidad aceptable. El caso más importante por el cual se es riguroso con el agua es porque el concreto cubrirá al acero, al existir sustancias como iones de cloruro en el agua harán que el acero inicie tempranamente el proceso de corrosión, en consecuencia, la estructura correrá peligro ante eventos sísmicos (Mamlouk y Zaniewky, 2009, p. 228).

Para la aceptación del agua o una fuente de provisión de agua hay cumplir con las especificaciones que nos proporciona el ASTM C94. La ASTM 109 menciona que se debe realizar dos tipos de muestras, algunas con el agua de la misma fuente que se tenga disponible y otras con agua que sea potable o destilada, pasado los 7 días la resistencia a la compresión de las muestras realizadas con la fuente disponible de agua no deberá ser al 90% menor que la resistencia a compresión obtenida por las otras muestras realizadas con agua potable o destilada. Adicionalmente el ASTM C191 menciona el mismo procedimiento del

tipo de muestras, para ello la mezcla de muestra realizada con la fuente de agua a utilizar no debe fraguar 1 hora antes ni 1 hora y media después que la mezcla realizada con agua potabilizado o en su defecto, destilada. (Mamlouk y Zaniewky, 2009, p. 228).

| Componente químico | Concentración máxima (ppm) | Método de prueba |
|---|----------------------------|------------------|
| Cloruro, como Cl | | ASTM D512 |
| Hormigón pretensado u hormigón para cubiertas de puentes | 500 | |
| Otros tipos de hormigón reforzado en entornos húmedos o que contengan incrustaciones de aluminio o metales diferentes, o con elementos metálicos galvanizados | 1.000 | |
| Sulfato, como SO ₄ | 3.000 | ASTM D516 |
| Álcalis, como (Na ₂ O + 0,658 K ₂ O) | 600 | |
| Sólidos totales | 50.000 | AASHTO T26 |

Figura 2. Límites químicos que el agua debe tener al ser empleada en mezclas.

Fuente: Mamlouk y Zaniewsky, 2009, p. 228).

Cenizas

El American Society for Testing and Materials en su Título C618 “Standar Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete” nos habla acerca de las especificaciones de todas las cenizas volantes o puzolanas naturales que estén crudas o calcinadas para su uso en el concreto. En esta norma se clasifica a las cenizas en tres grupos:

4.1. Class N__Raw or calcined natural pozzolan that comply with the applicable requirements for the class as given herein, such as some diatomaceous earths; opaline cherts and shales; tuffs and volcanic ashes or pumicites, calcined or uncalcined; and various materials requiring calcination to induce satisfactory properties, such as some clays and shales.

4.2. Class F__Fly ash normally produced from burning anthracite or bituminous coal that meets the applicable requirements for this class as given herein. This class of fly ash has pozzolanic properties.

4.3 Class C__Fly ash normally produced from lignite or subbituminous coal that meets the applicable requirements for this class as given herein. This class of fly ash, in addition to having pozzolanic properties, also has some cementitious properties. (ASTM C618, 2019, p. 1).

Además, la misma norma acota que algunas de las cenizas de clase C están permitidos que puedan contener cal en su composición en cantidades superiores al 10%.

En cuanto a los requerimientos químicos para las cenizas, el ASTM C618-03 nos proporciona la siguiente *Tabla No. 3*:

| | Mineral Admixture Class | | |
|---|-------------------------|------------------|------|
| | N | F | C |
| Silicon dioxide (SiO ₂) plus aluminum oxide (Al ₂ O ₃) plus iron oxide (Fe ₂ O ₃), min, % | 70.0 | 70.0 | 50.0 |
| Sulfur trioxide (SO ₃), max, % | 4.0 | 5.0 | 5.0 |
| Moisture content, max, % | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| Loss on ignition, max, % | 10.0 | 6.0 ^A | 6.0 |

^AThe use of Class F pozzolan containing up to 12.0 % loss on ignition may be approved by the user if either acceptable performance records or laboratory test results are made available.

TABLE 2 Supplementary Optional Chemical Requirement

NOTE 1—This optional requirement applies only when specifically requested.

| | Mineral Admixture Class | | |
|---|-------------------------|-----|-----|
| | N | F | C |
| Available alkalis, as equivalent, as Na ₂ O, max, % ^A | 1.5 | 1.5 | 1.5 |

^AApplicable only when specifically required by the purchaser for mineral admixture to be used in concrete containing reactive aggregate and cement to meet a limitation on content of alkalis.

Figura 3. Requerimientos químicos (Chemical Requirements).

Fuente: ASTM - C618

Los requerimientos físicos para las cenizas, proporcionado por ASTM C618 son mostrados por la *Tabla No. 4*.

| | Mineral Admixture Class | | |
|--|-------------------------|-----------------|-----------------|
| | N | F | C |
| Fineness: | | | |
| Amount retained when wet-sieved on 45 µm (No. 325) sieve, max, % ^A | 34 | 34 | 34 |
| Strength activity index:^B | | | |
| With portland cement, at 7 days, min, percent of control | 75 ^C | 75 ^C | 75 ^C |
| With portland cement, at 28 days, min, percent of control | 75 ^C | 75 ^C | 75 ^C |
| Water requirement, max, percent of control | 115 | 105 | 105 |
| Soundness:^D | | | |
| Autoclave expansion or contraction, max, % | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| Uniformity requirements: | | | |
| The density and fineness of individual samples shall not vary from the average established by the ten preceding tests, or by all preceding tests if the number is less than ten, by more than: | | | |
| Density, max variation from average, % | 5 | 5 | 5 |
| Percent retained on 45-µm (No. 325), max variation, percentage points from average | 5 | 5 | 5 |

^ACare should be taken to avoid the retaining of agglomerations of extremely fine material.

^BThe *strength* activity index with portland cement is not to be considered a measure of the compressive strength of concrete containing the mineral admixture. The mass of mineral admixture specified for the test to determine the *strength* activity index with portland cement is not considered to be the proportion recommended for the concrete to be used in the work. The optimum amount of mineral admixture for any specific project is determined by the required properties of the concrete and other constituents of the concrete and is to be established by testing. *Strength* activity index with portland cement is a measure of reactivity with a given cement and may vary as to the source of both the mineral admixture and the cement.

^CMeeting the 7 day or 28 day *strength* activity index will indicate specification compliance.

^DIf the mineral admixture will constitute more than 20 % by weight of the cementitious material in the project mix design, the test specimens for autoclave expansion shall contain that anticipated percentage. Excessive autoclave expansion is highly significant in cases where water to mineral admixture and cement ratios are low, for example, in block or shotcrete mixes.

Figura 4. Requerimientos físicos (Physical Requirements).

Fuente: ASTM - C618

Concreto

El concreto es una “Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos” (RNE, E.060, pp. 14)

Para Segura (2011) el concreto es:

Un material estructural que se forma por medio de la mezcla homogénea de los agregados inertes grava y arena, un ligante que es el cemento hidráulico y agua, todo esto en las debidas proporciones. La resistencia que define la calidad del material es una función de las mencionadas proporciones en que participan estos elementos (p. 1).

Asimismo, McCormac y Brown (2011), adicionalmente con respecto al concreto refiere que “[...] es una mezcla de arena, grava, u otros agregados unidos en una masa rocosa por medio de una parte de cemento y agua” (p.1).

Propiedades del concreto en su estado fresco

Manejabilidad del Concreto

Según Rivera (2015), “La manejabilidad es una propiedad del concreto fresco que se refiere a la facilidad con que este puede ser: mezclado, manejado, transportado, colocado, compactado y terminado sin que pierda su homogeneidad (exude o se segregue)” (p. 78).

Asimismo, acota que:

El grado de manejabilidad apropiado para cada estructura, depende del tamaño y forma del elemento que se vaya a construir, de la disposición y tamaño del refuerzo y de los métodos de colocación y compactación. Así, por ejemplo, un elemento delgado o muy reforzado necesita una mezcla más fluida que un elemento masivo o poco reforzado (Rivera, 2015, p. 78).

Consistencia

La consistencia del concreto es la capacidad en su estado fresco de deformarse en grado mayor o menor y consecuentemente poder ocupar los espacios o vacíos que tenga el encofrado donde es vertido. En esta propiedad del concreto influyen distintos factores, especialmente cuánto de agua se utilizará en la mezcla, sin embargo, no es el único que interviene, también tiene que ver cuánto es el máximo tamaño nominal del agregado, su forma y granulometría respectiva. Hay que tomar en cuenta que esta propiedad del concreto debe ser tomado en cuenta antes de la puesta en obra, para ello el profesional responsable y capacitado debe analizar la consistencia adecuada para su colocación tomando en cuenta acerca de todo con lo que se cuenta para su compactación correcta. Este es un requisito

indispensable que se debe cumplir para iniciar una actividad, de vaciado, por ejemplo. (Construmática, s.f., párr. 1,2 y 3).

Segregación

Si queremos definir esta propiedad del concreto, diríamos que es la descomposición mecánica del concreto cuando está en su estado fresco, quiere decir que el agregado grueso se aparta del mortero. Al ser el concreto una mezcla de materiales distintos que poseen diferentes pesos específicos y dimensiones, se puede entender la razón por la que ocurre este fenómeno; mientras que el concreto conserve su estado fluido corre el riesgo de sufrir segregación hasta el punto en el que inicia a endurecerse. (ICG, 2014, p. 210).

Exudación del Concreto

El concreto es un conglomerado de distintos elementos que poseen diferentes densidades; por tal motivo, durante el tiempo de inactividad antes del fraguado, las partículas sólidas tienden a desplazarse hacia abajo (proceso de sedimentación) dando como resultado que el agua ascienda a la superficie y se acumule, este fenómeno denominado exudación es la causa para obtener un concreto en la parte superior de los elementos estructurales de mayor relación agua – cemento, en consecuencia ocurre la porosidad y con él disminuye la resistencia (Giaccio, s.f., p. 53).

Propiedades del concreto en estado endurecido

Resistencia a la compresión:

La resistencia nominal del concreto a la compresión (f_c): Define la calidad del material y corresponde a la resistencia en MPa que se utiliza en el diseño de los elementos estructurales. La resistencia real a la compresión se determina como el promedio de la resistencia comprobada a los 28 días de dos probetas cilíndricas convenientemente curadas de 0.15 m de diámetro por 0.30 m de altura. Los ensayos deben realizarse de acuerdo con la norma [...] correspondiente. (Segura, 2011, p.1).

En las prácticas actualmente realizadas, la resistencia ante los esfuerzos de compresión denominada f_c para concretos que poseen densidad normal elaborados in-situ se encuentran en un rango de 210 a 350 kg/cm² pudiendo alcanzar hasta un aproximado de 420 kg/cm² cuando se trata de elementos prefabricados y preesforzados. En cambio, si se trata de concretos livianos, su resistencia a la compresión generalmente alcanza valores por debajo de las mencionadas líneas arriba (Nilson, 2001).

Mientras que Rochel (1998) en cuanto a esta propiedad nos afirma que “La característica que mide la calidad del hormigón es su resistencia a la compresión, se representa como f'_c e indica la resistencia de probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, ensayadas a los 28 días” (p.14).

Módulo de elasticidad

“El módulo de elasticidad es una medida de la rigidez, o de la resistencia del material a sufrir deformaciones. El hormigón es un material elasto-plástico y las tensiones no son proporcionales a las deformaciones” (Rochel, 1998, p. 15).

El concreto no tiene un módulo de elasticidad bien definido. Su valor varía con las diferentes resistencias del concreto, con la edad de éste, con el tipo de carga, las características y proporciones del cemento y los agregados. Además, hay varias definiciones diferentes del módulo: El *módulo inicial* es la pendiente del diagrama de esfuerzo-deformación en el origen de la curva, el *módulo por tangente* es la pendiente de una tangente a la curva en algún punto de ésta, por ejemplo, en 50% de la resistencia última del concreto; a la pendiente de una línea trazada del origen a un punto en la curva entre 25 y 50% de su resistencia última a compresión, se le llama *módulo por secante*; otro módulo, llamado *módulo aparente* o *módulo a largo plazo*, se determina usando los esfuerzos y deformaciones unitarias obtenidas después de que la carga se ha aplicado durante cierto periodo. (McCormac y Brown, 2011, p. 12).

La sección 8.5.1 del código ACI nos proporciona la siguiente expresión para poder calcular el módulo de elasticidad de concretos que tengan un peso entre 90 y 155 lb/pie³:

$$E_c = W_c^{1.5} * 33\sqrt{f'_c}$$

Dónde:

E_c = módulo de elasticidad en lb/plg²

W_c = es el peso del concreto en lb/pie³

f'_c = es la resistencia a la compresión especificada a los 28 días en lb/plg².

Para concretos con peso normal, aproximadamente 145 lb/pie³, para el cálculo del módulo de elasticidad, el código ACI nos brinda la siguiente expresión simplificada.

$$E_c = 57000\sqrt{f'_c}$$

Módulo de Poisson

McCormac y Brown explican esta propiedad de la siguiente manera:

Al someter un cilindro a cargas de compresión, éste no sólo se acorta a lo largo, sino que también se expande lateralmente. La proporción de esta expansión lateral respecto al acortamiento longitudinal se denomina módulo de poisson. Su valor varía de aproximadamente 0.11 para concretos de alta resistencia hasta 0.21 para concretos de bajo grado, con un valor promedio de aproximadamente 0.16. No parece haber ninguna relación directa entre el valor de esta proporción y la relación agua-cemento, cantidad de curado, tamaño del agregado, etcétera. (2011, p. 14)

En casi todos los diseños que se realiza para el concreto armado no se considera este efecto Poisson, no obstante, éste tal vez tiene que ser tomado en cuenta cuando se tenga que analizar y diseñar presas de arco, túneles y otras estructuras que tienen forma indeterminada por estética. (McCormac y Brown, 2011, p. 14)

Resistencia a la tensión

En cuanto a esta propiedad del concreto en su estado endurecido, McCormac y Brown (2011) nos mencionan lo siguiente:

La resistencia a la tensión del concreto varía de aproximadamente 8 a 15% de su resistencia a la compresión. Una razón principal para esta baja resistencia, es que el concreto contiene un gran número de grietas muy finas. Las grietas tienen poca importancia cuando el concreto está sometido a cargas de compresión, porque éstas ocasionan que las grietas se cierren y permiten entonces la transmisión de la compresión. Obviamente este no es el caso para cargas de tensión.
(p. 16)

Si bien es cierto esta propiedad del concreto comúnmente se desprecia para fines de cálculo en el diseño; sin embargo, es éste una propiedad con mayor importancia debido a que influye en el tamaño de las grietas y cuanto se extienden estas grietas. Es gracias a esta resistencia que los elementos a base de concreto concreto llegan a disminuir su deflexión; considerando que la tensión del concreto es demasiado pequeña, es muy difícil calcular su módulo de elasticidad a tensión, ya que se tiene poca información, todo hace suponer que ese valor es igual que a su módulo de compresión. La pregunta usual que uno podría hacerse es, no se supone que en un miembro de concreto armado que soporta esfuerzos a tensión, como una viga, por ejemplo, el concreto es aquel que resiste una cierta parte de la tensión y la otra parte en total el acero. Lo que sucede es que “El concreto se agrieta bajo deformaciones unitarias tan pequeñas que una vez que estas grietas se hayan presentado, al concreto ya no les queda más resistencia a los esfuerzos de tensión”. (McCormac y Brown, 2011, p. 16).

Resistencia al corte

Con respecto a esta propiedad del concreto, McCormac y Brown mencionan que determinar esta falla por corte en los laboratorios es bastante difícil ya que intervienen otros esfuerzos que lo afectan y “Como consecuencia, las pruebas para resistencia por cortante del concreto han dado, durante muchos años, valores entre un tercio y cuatro quintos de las resistencias últimas a la compresión” (2011, p. 17)

Preparación del equipo y del lugar de colocación del concreto

El Reglamento Nacional de Edificaciones menciona que:

La preparación previa a la colocación del concreto debe incluir lo siguiente: (a) Las cotas y dimensiones de los encofrados y los elementos estructurales deben corresponder con las de los planos. (b) Las barras de refuerzo, el material de las juntas, los anclajes y los elementos embebidos deben estar correctamente ubicados. (c) Todo equipo de mezclado y transporte del concreto debe estar limpio. (d) Deben retirarse todos los escombros y el hielo de los espacios que serán ocupados por el concreto. (e) El encofrado debe estar recubierto con un desmoldante adecuado. (f) Las unidades de albañilería de relleno en contacto con el concreto, deben estar adecuadamente humedecidas. (g) El refuerzo debe estar completamente libre de hielo o de otros recubrimientos perjudiciales. (h) El agua libre debe ser retirada del lugar de colocación del concreto antes de depositarlo, a menos que se vaya a emplear un tubo para colocación bajo agua o que lo permita la Supervisión. (i) La superficie del concreto endurecido debe estar libre de lechada y de otros materiales perjudiciales o deleznales antes de colocar concreto adicional sobre ella. (RNE E060, 2019, p.33)

Transporte del concreto

El concreto debe ser transportado desde la mezcladora hasta el sitio final de colocación empleando métodos que eviten la segregación o la pérdida de material. El equipo de transporte debe ser capaz de proporcionar un abastecimiento de concreto en el sitio de colocación sin segregación de los componentes y sin interrupciones que pudieran causar pérdidas de plasticidad entre capas sucesivas de colocación. (RNE E060, 2019, p. 33)

Colocación y Compactación

La colocación del concreto en obra debe hacerse con mucho cuidado, antes de incorporar la mezcla se debe verificar el encofrado, el cual debe ser lo suficientemente rígido capaz de soportar las cargas y presiones que recibirá por parte de la mezcla, en lo posible debe evitarse

que el encofrado absorbe agua en exceso y en general la mezcla debe ser colocada de forma continua y proporcional para evitar la segregación. (Rochel, 1998, p.6)

Protección y curado

A menos que se empleen métodos de protección adecuados autorizados por la Supervisión, el concreto no deberá ser colocado durante lluvias, nevadas o granizadas. No se permitirá que el agua de lluvia incremente el agua de mezclado o dañe el acabado superficial del concreto. La temperatura del concreto al ser colocado no deberá ser tan alta como para causar dificultades debidas a pérdida de asentamiento, fragua instantánea o juntas frías. Además, no deberá ser mayor de 32° C. Cuando la temperatura interna del concreto durante el proceso de hidratación exceda el valor de 32° C, deberán tomarse medidas para proteger al concreto, las mismas que deberán ser aprobadas por la Supervisión. [...] el concreto debe mantenerse a una temperatura por encima de 10° C y permanentemente húmedo por lo menos durante los primeros 7 días después de la colocación (excepto para concreto de alta resistencia inicial). El concreto de alta resistencia inicial debe mantenerse por encima de 10° C y permanentemente húmedo por lo menos los 3 primeros días [...]. El curado por vía húmeda podrá ser sustituido por cualquier otro medio de curado, siempre que se demuestre que la resistencia a la compresión del concreto, en la etapa de carga considerada, sea por lo menos igual a la resistencia de diseño requerida en dicha etapa de carga. (RNE E060, 2019, p. 34).

Relación Agua - Cemento

Con respecto a la relación A/C, Rachel nos menciona que:

El factor más importante que afecta la resistencia del hormigón es la relación agua/cemento. Para producir la hidratación completa de todo el cemento es necesario emplear una relación agua/cemento de 0.25 (por peso), una relación adicional y mayor de 0.1 es necesaria para que el hormigón tenga una trabajabilidad adecuada lo cual se obtiene para relaciones agua/cemento superiores a 0.50 (1998, p. 5).

Albañilería confinada

Esta técnica de construcción empleado comúnmente para la construcción de viviendas utiliza ladrillos fabricadas de arcilla cocidas a temperaturas muy altas, columnas de concreto como amarre, vigas soleras que confinan al muro, y otros elementos adicionales. El procedimiento constructivo consiste en realizar el muro con los ladrillos para luego vaciar las columnas de

amarre para finalmente construir la loza o techo en paralelo con las vigas. (CONCREMAX, 2019, párr. 1-2).

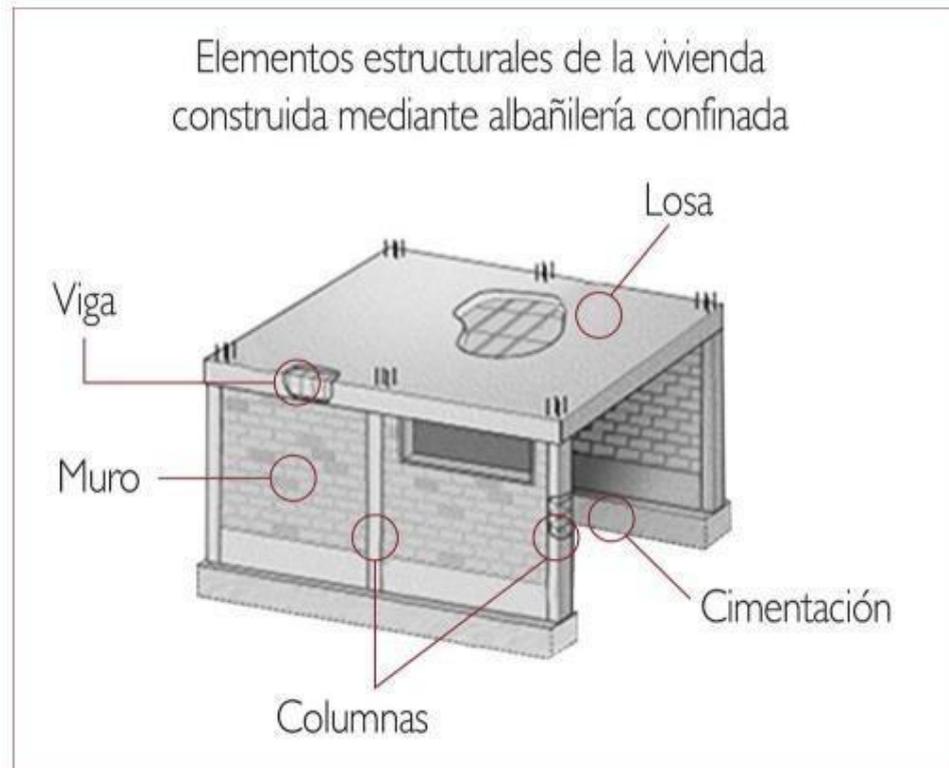


Figura 5. Elementos estructurales que componen un sistema de albañilería confinada.

Fuente: CONCREMAX, 2019.

Componentes de la Albañilería

Unidades de albañilería

Generalmente los que se emplean en las construcciones están fabricadas a base de arcilla, arena-cal y concreto que dependiendo las dimensiones que tengas son llamados Bloques y Ladrillos; se llaman bloques por una particularidad de que para su manipulación o asentamiento es necesario utilizar ambas manos ya que sus dimensiones y el peso que éste posee lo hace indispensable y cuando se pueda asentar con una sola mano son denominados ladrillos. Existen tipos de unidades de albañilería; están las SÓLIDAS, que no poseen huecos y si los poseen, son perforaciones en sentido perpendicular a la cara de asiento que pueden llegar a cubrir hasta un 25% del área maciza; las unidades HUECAS, son aquellas que poseen un área neta por debajo del 75% del área bruta, como son los bloques de concreto; por último, las unidades TUBULARES son aquellas que poseen huecos en paralelo a la superficie donde

se asienta, un claro ejemplo de este tipo de unidad son los muy conocidos y comerciales ladrillos pandereta (SAN BARTOLOMÉ, 1994, p. 105).

Unidades Sílico-Calcáreas

Esta unidad está compuesta principalmente de material sílico calcáreo, este material se consigue mediante la mezcla de tres materias primas, la cal, agua y agregados áridos. El proceso para su obtención inicia con la mezcla de la cal (cal viva) con la arena (deberá ser extraída de una cantera) en conjunto con el agua en un mezclador, valga la redundancia, para luego hacerla reposar durante 3 horas en unos silos reactores hasta lograr que la cal se hidrate con el agua. Esta mezcla se transporta mediante fajas al segundo mezclado en el cual se agrega un agregado más grueso y adición de agua al final, para llevarlos a unas prensas de fabricación. En estas prensas se moldean las diversas presentaciones de unidades sílico-calcáreas que ofrece la única fábrica de este tipo de unidades, la Compañía Minera Luren (LA CASA, s.f.).

Unidades de concreto

Estas unidades poseen una ventaja con respecto a las anteriores ya que dependiendo cual sea su dosificación (cemento-arena-confitillo-agua), se puede llegar a obtener unidades con resistencias que se adecúen al uso que se le dará. Además, pueden ser elaborados artesanalmente como los ladrillos o pueden ser industrializados (bloques) para obtener colores según el pigmento que se le agregue. Posee una textura común que es gruesa con presencia de poros con una ventaja de que si se desea aligerarlo solo se tiene que reemplazar la piedra pómez como agregado (SAN BARTOLOMÉ, 1994, p. 110).

Mortero

El mortero es la combinación del agregado fino (arena gruesa), cemento portland y agua potable; dependiendo para lo que se va usar, el mortero puede contener arena fina o arena gruesa. Es decir, para el asentamiento de unidades de albañilería se utiliza mortero que contenga arena gruesa en la mezcla y cuando se necesita mortero para procesos como tarrajeo, ésta lleva arena fina como parte de la mezcla.

ConcretOnline define al mortero como “aquel material que esta mezclado con uno o más conglomerantes que deben ser inorgánicos, algunos áridos como los agregados, agua y en ocasiones se adicionan aditivos y los clasifica de diversas formas. (2018, párr. 1).

En la actualidad existen concretos listos para obra, solamente para adicionar agua. Pueden ser usados para asentar unidades de albañilería, falso-pisos con espesor menor a 5 cm., trabajos de mampostería, contrapisos que requieran altas resistencias a la compresión y poseen ventajas de una fácil preparación ya que viene pre-dosificado, poco desperdicio, facilita su transporte y almacenaje, orden y limpieza eficiente y posiblemente un ahorro económico ya que al dosificar y realizar la mezcla de un mortero convencional in-situ se puede sobredosificar el uso del cemento (SIKA, 2017, p. 1).

Comportamiento sísmico

El comportamiento sísmico de viviendas en albañilería sin refuerzo conllevó a presentar muchas fallas, incluso un colapso total, principalmente cuando se construye sobre suelos blandos da como consecuencia diversas fallas típicas como, vaciamiento de muros perimétricos, agrietamiento (en forma diagonal) en el muro, “caída de parapetos y tabiquería que no fueron arriostrados”, acción de empuje de escaleras cuando son empleados como apoyo del descanso en el tramo, choque de dos edificios vecinos por la ausencia de junta sísmica, viviendas antiguas que presentan una altura de entrepiso grande en este caso al ser los muros esbeltos reducen su resistencia al corte y aumentan su flexibilidad “ante cargas perpendiculares a su plano y dinteles discontinuos sobre todo en los vanos de puertas y ventanas” (SAN BARTOLOMÉ, 1994, p. 41-45).

Todos los problemas o fallas mencionados anteriormente impulsaron a que en la década de los 40 se inicie con el confinamiento de los muros a base de albañilería haciendo uso elementos que brinden resistencia como el concreto armado, pero la solución no es total, ya que las fallas siempre estarán presentes, ya sea por causas de un mal diseño o un incorrecto proceso constructivo; pero, la ventaja es que no llega a un colapso total, en todo caso aún no se ha presentado incidentes que demuestren aquello mencionado líneas arriba. Las fallas en este tipo de sistema muchas veces son causas de malas prácticas de construcción o creencias como; para confinar un muro de albañilería no basta una columna de concreto con acero (el Reglamento Nacional de Edificaciones en su título E. 070 no lo permite), un muro con longitud grande que solo es confinado por dos columnas (en este caso, el muro pierde el confinamiento en su parte central), los elementos principales e confinamiento (columnas de concreto armado) presenten cangrejas por lo que estos elementos disminuyen drásticamente su resistencia ante los esfuerzos de compresión, los anclajes de los refuerzos

verticales y horizontales son insuficientes, y así podríamos seguir mencionando más creencias las que se practican rutinariamente, entonces, es preciso dejar en claro estos conceptos para que se eliminen esas malas prácticas y este sistema puede ser efectivo ante eventos sísmicos (SAN BARTOLOMÉ, 1994, 46-47).

Análisis y diseño estructural

Estructuración

En cuanto a los criterios que se debe tener para la estructuración de edificios en albañilería confinada, San Bartolomé menciona que:

Por la importancia que tienen los muros ubicados en el perímetro del edificio (son los que aportan la mayor rigidez torsional), y todo aquel que absorba más del 10% del cortante basal sísmico, éstos deberán ser reforzados. Al respecto, en la Norma E-070 se especifica que como mínimo un 70% de los muros que conforman el edificio (en cada dirección) deben ser reforzados (1994, p. 63).

Si tenemos en cuenta el “Espesor efectivo” del muro, deben ser como mínimo la altura libre que tiene el muro dividido entre 20; además, las losas de entrepiso y techo deben ser diafragmas rígidos con el fin de que los desplazamientos laterales producidos en los muros sean uniformes. Es conveniente que se asigne losas en dos direcciones, ya sea aligerada o maciza para que las cargas verticales en los muros no sean excesivas; asimismo, “las vigas aisladas y coplanares con los muros no deben ser chatas, ya que las vigas (de un peralte suficiente) son elementos dúctiles que pueden aprovecharse como disipadores de energía antes que ocurra la falla por corte en los muros” (San Bartolomé, 1994, p. 63).

Predimensionamiento

El predimensionamiento del muro debe considerar el espesor del mismo, tomando en cuenta que no debe ser mayor a la altura del muro dividida entre veinte, se debe analizar también las distancias de separación entre columnas para determinar si se deben o no analizar ante carga sísmica. Determinar el tipo de unidad a utilizar y si será un muro armado o confinado.

Cargas

Para realizar el proceso de metrado de cargas se debe considerar lo expuesto en la N.T.P. E-020, donde nos brinda los pesos unitarios de los materiales empleados en este sistema estructural. “El metrado de cargas se recomienda realizar a cada muro asumiendo las áreas tributarias”.

La interacción del Tabique-Pórtico

Si se da el caso de que un tabique no ha sido correctamente aislado del pórtico de concreto armado, es seguro que se va a producir una interacción entre estos dos sistemas ante acciones de sismo, incluso si ocurre un sismo leve el tabique se separa del pórtico debido a “mientras que el tabique se deforma básicamente por corte (panel de corte), el pórtico lo hace por flexión; interconectándose ambos sistemas sólo en las esquinas diagonalmente opuestas” (San Bartolomé, 1994, p. 79).

Formulación del problema

Problema general

¿En qué medida favorece la incorporación de ceniza de carbón al concreto en el diseño estructural de una vivienda multifamiliar de 4 niveles, Canto Grande, San Juan De Lurigancho, 2019?

Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características técnicas de los de los materiales que componen la mezcla de concreto con incorporación de ceniza de carbón?
- ¿Cuáles son las propiedades mecánicas del concreto con incorporaciones del 5%, 7.5% y 10% de ceniza de carbón como sustituto parcial del cemento?
- ¿Cómo es el comportamiento estructural del concreto con incorporación de ceniza de carbón en el diseño estructural de una vivienda multifamiliar de 4 niveles??

Justificación del estudio

Técnica: Debido a las propiedades y composición químicas de las cenizas demostradas en anteriores estudios, es aplicable como adición del concreto sustituyendo parcialmente al cemento, además al cumplir las especificaciones técnicas de Cenizas según ASTM C618 se garantiza la calidad de la mezcla.

Económica: La ceniza de carbón es de bajo costo y fácil de conseguir, como proveedor principal se tendría a todas las pollerías, panificadoras y diversas empresas que utilizan el carbón, con esto se disminuirá el costo promedio del m³ (metro cúbico) de concreto.

Ambiental: El problema de la contaminación ambiental y el cambio climático es evidente hoy en día, la cantidad de emisión de CO₂ de las plantas productoras de cemento según la revista Domoterra:

El 5% de toda la producción mundial de CO₂ se debe a la fabricación del cemento, y este es un porcentaje que en años sucesivos no solo se mantendrá, sino que se incrementará conforme se activen las economías emergentes asiáticas. Tengamos en cuenta que el cemento es el elemento fundamental del hormigón, y este es junto con el acero y el aluminio los productos más consumidos mundialmente en la construcción (2013, párr. 1).

Si se desea saber con una aproximación exacta a la emisión de CO₂ en la fabricación del cemento, por una tonelada de cemento que se fabrica de forma convencional se emite una tonelada de CO₂ y si se produce una tonelada de cemento en condiciones especiales la emisión se reduce a 0.4 toneladas del contaminante (Domoterra, 2013, párr. 1)

Al usar ceniza como sustituto del cemento se reducirá significativamente la emisión del Dióxido de Carbono.

Hipótesis

Hipótesis general

Con la incorporación de ceniza de carbón a la mezcla de concreto, se obtendrá una mejora en cuanto a sus propiedades mecánicas y comportamiento estructural en el diseño estructural de una vivienda multifamiliar de 4 niveles, Canto Grande – San Juan De Lurigancho, 2019.

Hipótesis específicas

- Las características técnicas de los materiales que componen la mezcla del concreto con incorporación de ceniza de carbón, sí cumplen con lo especificado en la Norma Técnica Peruana.
- Las propiedades mecánicas del concreto con incorporaciones del 5%, 7.5% y 10% de ceniza de carbón como sustituto parcial del cemento, son mayores en comparación con el concreto convencional de resistencia 210 kg/cm².
- El comportamiento estructural del concreto con incorporación de ceniza de carbón, sí cumple con los requisitos mínimos y verificaciones para el diseño estructural sismorresistente especificadas en la Norma Técnica Peruana.

Objetivos

Objetivo General

Incorporar proporciones de ceniza de carbón a la mezcla de concreto para emplearlo en el diseño estructural de una vivienda multifamiliar de 4 niveles, Canto Grande – San Juan De Lurigancho, 2019.

Objetivos específicos

- Definir las características técnicas de los materiales que componen la mezcla del concreto con incorporación de ceniza de carbón.
- Determinar las propiedades mecánicas del concreto con incorporaciones del 5%, 7.5% y 10% de ceniza de carbón como sustituto parcial del cemento.
- Realizar el análisis sísmico dinámico modal espectral de una vivienda multifamiliar de 4 niveles en sistema estructural de albañilería confinada para evaluar el comportamiento del concreto con incorporación de ceniza de carbón.

II. MÉTODO

Tipo de Investigación

Briones (2002) menciona que:

En las investigaciones experimentales el investigador tiene el control de la variable independiente o variable estímulo, la cual puede hacer variar en la forma que sea más apropiada a sus objetivos. De igual manera, puede controlar la conformación de los grupos que necesita para su estudio. (p. 37).

Por lo que esta investigación es de tipo experimental ya que permite determinar el efecto de una variable independiente sobre una variable dependiente.

Método de Investigación

“Mediante la deducción se pasa de un conocimiento general a otro de menor nivel de generalidad” (Rodríguez y Pérez, 2017, p. 188). En otras palabras, referente a lo que afirman los autores, el método deductivo es aquel que nos permite a partir de principios conocidos poder encontrar u obtener conclusiones prácticas y principios que aún no se conocen (2017, p. 188).

Vargas menciona que la investigación posee una orientación de tipo aplicada, porque:

se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad (2009, p. 159).

Monje (2011) en su “Libro didáctico de metodología de la investigación en ciencias sociales elaborado durante el año sabático concedido por la Universidad Sur colombiana al docente” refiere que “la investigación científica observado desde el enfoque cuantitativo, Es un proceso sistemático y ordenado que se lleva a cabo siguiendo determinados pasos” (p. 19), además, acota que en este enfoque “La medida y la cuantificación de los datos constituye el procedimiento empleado para alcanzar la objetividad en el proceso de conocimiento” (p. 14). Por lo tanto, tomando en cuenta lo mencionado en párrafos anteriores, en esta investigación se usará el método deductivo, con orientación aplicada y un enfoque cuantitativo.

Diseño de investigación

“Los diseños cuasiexperimentales son una derivación de los estudios experimentales, en los cuales la asignación de los pacientes no es aleatoria, aunque el factor de exposición es manipulado por el investigador” (Segura, 2003, p. 1).

En cuanto a estrategia transversal “La conducta de los sujetos (o unidades de observación) se registra en un punto de corte en el tiempo” (Bono, s.f., p. 14).

El diseño de la presente investigación es cuasiexperimental – transversal, porque los propósitos son básicamente los mismos que un diseño experimental y ello consiste en comprobar que exista una relación de causa entre variables.

Nivel de Investigación

El nivel de esta investigación es relacional, ya que “No son estudios de causa y efecto, la estadística solo demuestra dependencia entre eventos” (Gonzales, s.f.)

Variables y operacionalización de variables

Identificación de variables

- Variable Independiente:

Incorporación de ceniza de carbón al concreto

- Variable Dependiente.

Diseño estructural de una vivienda multifamiliar de 4 niveles

Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

| VARIABLES | OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | | | |
|---|--|---|---|---|
| | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores |
| INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL CONCRETO | Para Calleja, “La sustitución de cemento por ceniza en el hormigón se puede hacer por volumen o por peso, con mejora de la trabajabilidad en ambos casos, si bien la mejora es mayor cuando la sustitución es volumen por volumen” (s.f, p. 28). | La incorporación de ceniza de carbón al concreto se refiere a incluir proporciones de ceniza de carbón en el diseño de mezcla de concreto, la ceniza reemplazará al cemento en proporciones (5%, 7.5% y 10%) de su peso para mejorar sus propiedades mecánicas, las cuales serán medidas por las características técnicas, dosificación y resultado de propiedades mecánicas obtenidas en el laboratorio. | CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | Ensayos de granulometría y módulo de fineza (Agregado fino, agregado grueso y ceniza) |
| | | | | Ensayo de contenido de humedad (A.G. y A.F.) |
| | | | | Ensayo de peso específico y porcentaje de absorción (A.G. y A.F.) |
| | | | DOSIFICACIÓN | Diseño de mezcla método ACI-211.1-91 del concreto patrón $f'_{cc}=210$ kg/cm ² |
| | | | | Diseño de mezcla método ACI-211.1-91 del concreto con 5%, 7.5% y 10% de ceniza de carbón |
| | | | | Ensayo del cono de Abrams (Norma ASTM C143) |
| | | | PROPIEDADES MECÁNICAS | Ensayo de resistencia a la compresión (Norma ASTM - C39/NTP 339.034) |
| | | | | Módulo de elasticidad del concreto |
| | | | | Peso específico del concreto |
| | | | | |
| DISEÑO ESTRUCTURAL DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 4 NIVELES | “La filosofía de diseño sismorresistente consiste en: a) evitar pérdida de vidas humanas, b) asegurar la continuidad de los servicios básicos y c) minimizar los daños a la propiedad” (NTP. E-030, 2016, p. 5). | El diseño sismorresistente se refiere a la estructuración correcta que sea capaz de evitar pérdidas humanas ante un evento catastrófico y se medirá mediante los trabajos previos de ingeniería, el <u>predimensionamiento</u> de la estructura y su análisis sísmico. | TRABAJOS PREVIOS DE INGENIERÍA | Estudio de suelos |
| | | | | Estudio topográfico |
| | | | PREDIMENSIONAMIENTO | Metrado de cargas (según N.T.P. E-020) |
| | | | | Determinación del espesor de los muros portantes (según N.T.P. E-070) |
| | | | | Densidad mínima de muros confinados (según N.T.P. E-070) |
| | | | ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO MODAL ESPECTRAL | Verificación de desplazamientos laterales relativos (N.T.P. E-030) |
| | | | | Suma de masa participativas como mínimo del 90% (N.T.P. E-030) |
| | | | | Verificación de fuerza cortante mínima del 1er entrepiso (N.T.P. E-030) |
| | | | | |
| | | | | |

Fuente: *Elaboración propia.*

Población y Muestra

Población

“La población es un conjunto de elementos con características comunes que son objetos de análisis y para los cuales serán válidas las conclusiones de la investigación.” (Sampieri, 2010, p. 174).

La presente investigación conforma un población de 4 diseños de mezcla. El concreto convencional como base de $f'c=210$ kgf/cm² y el concreto con incorporación de ceniza de carbón sustituyendo parcialmente el cemento en un 5%, 7.5% y 10%, respecto al peso del cemento en su diseño. Se realizará para cada diseño de mezcla 9 testigos cilíndricos elaborados en laboratorio que cumplan con NTP 339.034 y UNE-EN 12390-8, por lo que en total se realizarán 36 testigos cilíndricos de concreto. (Véase tabla N° 5)

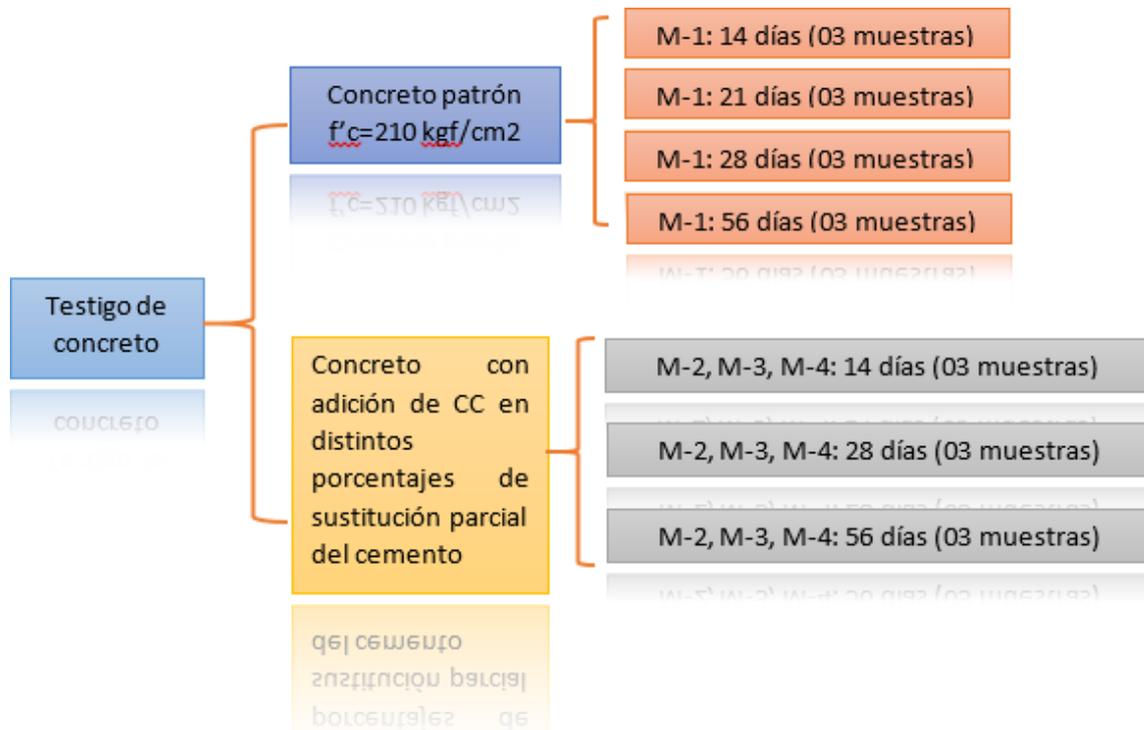


Figura 6. Esquema general de la población

Fuente: Elaboración propia

- Diseño M-1: 100% cemento + 0% Ceniza de Carbón.
- Diseño M-2: 95% cemento + 5% Ceniza de Carbón.
- Diseño M-3: 92.5% cemento + 7.5% Ceniza de Carbón.
- Diseño M-4: 90% cemento + 10% Ceniza de Carbón.

Muestra

“Para el proceso cuantitativo, la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población.” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p. 208).

En esta investigación cuantitativa, la muestra está conformada por probetas cilíndricas de concreto $f'c=210$ kgf/cm², 9 de cada uno del concreto patrón (Concreto convencional sin adición de ceniza de carbón) y 9 de concreto con adición de ceniza de carbón en distintas proporciones.

Técnica de muestreo

Para seleccionar la muestra, se hizo uso del método probabilístico, siendo más específico, el muestreo no aleatorio de manera que la muestra es igual a la población y para la selección de la muestra se usa la proporción poblacional para una muestra finita. (Véase Tabla 6.).

Tabla 2. Resumen de la cantidad de testigos cilíndricos

| Concreto con: | | Resistencia a la compresión con: | | | N° de testigos cilíndricos |
|---|--------|----------------------------------|---------|---------|----------------------------|
| Cemento | Ceniza | 7 días | 14 días | 28 días | |
| 100% c | 0%cc | 3 | 3 | 3 | 9 |
| 95%c | 5%cc | 3 | 3 | 3 | 9 |
| 92.5%c | 7.5%cc | 3 | 3 | 3 | 9 |
| 90%c | 10%cc | 3 | 3 | 3 | 9 |
| Cantidad total de testigos cilíndricos | | | | | 36 |

Fuente: Elaboración propia

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

Técnicas de recolección de datos

En el “3er Taller Seminario de Investigación organizado por la Universidad Nacional Autónoma de Honduras” se afirmó que las técnicas de recolección de datos “Son las herramientas con que cuenta el investigador para documentar la información recabada de la realidad” (2013).

Las técnicas para la recolección de datos en esta investigación serán la observación directa, el análisis de diversos documentos y ensayos de testigos cilíndricos de concreto patrón e incorporado con ceniza de carbón.

- Recolección de la muestra
- “Ensayo de granulometría: agregados para el concreto según ASTM C-33 y análisis granulométrico del A.G. y A.F. según NTP: 400.012”.
- “Ensayos de peso específico y porcentaje de absorción del A.G. y A.F. según ASTM C 127 y ASTM C 128”.
- “Ensayo de contenido de humedad del A.G. y A.F. según ASTM C 566”.
- “Ensayo de peso unitario del A.G. y A.F. según ASTM C 29”.
- “Ensayo de resistencia a la compresión según ASTM C 39”.
- “Ensayo de asentamiento – cono de Abrams según ASTM C 143”.

Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos son el “Mecanismo que usa el investigador para recolectar y registrar datos. Representan la herramienta con la cual se va a recoger, filtrar y codificar los datos, es decir, el CON QUÉ” (Chipia, 2012).

Asimismo, Chipia (2012) clasifica a los instrumentos en 3 tipos, en primer lugar, está el instrumento de captación los que nos “permiten percibir el evento, no necesariamente de manera selectiva, y algunos de ellos permiten ampliar los sentidos, por ejemplo: el telescopio, el microscopio, etc.”; en segundo lugar, los instrumentos de registro que “permiten tener un soporte de la información en periodos de tiempo relativamente largos, de modo que el investigador pueda recuperar la información cuando lo necesite” y por último

están los instrumentos de medición, los cuales “captan la información de manera selectiva y precisa, es decir sólo aquella información, que da cuenta del fenómeno y no otra”.

Los instrumentos que se utilizarán en esta investigación se mencionan a continuación:

- Equipos utilizados en laboratorio (balanzas, cono de Abrams, moldes de probetas, trompo mezclador, plancha metálica, varilla para compactación, etc.).
- Fichas para recolectar los resultados obtenidos de los diversos ensayos llevados a cabo.

Tabla 3. *Ficha de resultados para ensayo a compresión de concreto.*

| RESISTENCIA A COMPRESIÓN f_c DE DISTINTAS MUESTRAS DE CONCRETO | | | | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Autores | | Alfonzo Breña, Saul | | | |
| | | Hurtado Quispe, Dennis | | | |
| PROPORCIÓN CEMENTO - CENIZA | MUESTRAS DE CONCRETO | TESTIGOS CILÍNDRICOS | Tiempo de curado | | |
| | | | 7 días | 14 días | 28 días |
| | | | f_c (kg/cm ²) | f_c (kg/cm ²) | f_c (kg/cm ²) |
| 100% cemento + 0% ceniza carbón | M-01 Patrón | T-01 | | | |
| | | T-02 | | | |
| | | T-03 | | | |
| 95% cemento + 5% ceniza carbón | M-02 5% de CC | T-01 | | | |
| | | T-02 | | | |
| | | T-03 | | | |
| 92.5% cemento + 7.5% ceniza carbón | M-03 7.5% de CC | T-01 | | | |
| | | T-02 | | | |
| | | T-03 | | | |
| 90% cemento + 10% ceniza carbón | M-04 10% de CC | T-01 | | | |
| | | T-02 | | | |
| | | T-03 | | | |

INSTRUCCIONES:

- * Colocar los datos obtenidos en laboratorio en los espacios correspondientes.
- * Los datos de resistencia a compresión, deben estar en las unidades especificadas en la tabla.

Fuente: *Elaboración propia*

Validez

Hernández, Fernández y Baptista (2014) mencionan que “La validez, en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir.” (p. 200).

La validez en esta investigación será medida a través del ensayo de cono de Abrams (Norma ASTM C143), ensayos de resistencia a la compresión del concreto (Ensayo de Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto - NTP. 339.059/ASTM C39) y el análisis dinámico modal espectral (Software Computacional SAP2000 basado en NTP E.030 – Diseño Sismorresistente).

Confiabilidad

“La confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales [...]” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 200).

La confiabilidad de esta investigación se sustenta en la amplia experiencia del asesor y los especialistas en el área de concreto y estructuras, quienes serán los colaboradores.

Procedimiento

Control estadístico de la calidad en la técnica del concreto

Según las leyes de la estadística matemática es primordial analizar los resultados de los estudios o investigaciones que se relacionan entre sí, pero debemos expresarlos de tal modo que nos permita clasificarlos mediante características tomadas de muestras al azar. Es decir, cuando se tenga un conjunto de muestras que deben ser analizadas, teniendo en cuenta que las propiedades a evaluar de estas muestras son similares, como por ejemplo el concreto que es caso puntual en esta investigación ya que se obtendrá una propiedad (resistencia a la compresión) en todas las muestras propuestas, es necesario hacer uso de la estadística matemática para llegar a un “totalidad básica”, dicho en otras palabras, llegar a obtener un conjunto de resultados equivalentes (WOGGRIN, 1974, p. 81).

Según DIN 55302, para los resultados de ensayos interesa la desviación estándar (s) y el coeficiente de variación (v). Según WOGGRIN, “La desviación estándar s aumenta en muchos tipos de hormigón con el desarrollo de las resistencias; por ello en cualquier hormigón, [...] debe indicarse expresamente la fecha del ensayo” (1974, p. 81).

Para realizar una evaluación haciendo uso de la estadística es recomendable utilizar por lo mínimo 30 ensayos, de utilizar menos que lo indicado se debe considerar un coeficiente para

la corrección de la desviación estándar que nos proporciona el Código ACI-318 (PATIÑO y MÉNDEZ, s.f., p. 61).

Diseño de mezcla de concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

El método de diseño de mezcla es el brindado por el AMERICAN CONCRETE INSTITUTTE en su código 211.91.1.

Cálculo de resistencia promedio según ACI 318.

$$f'_{cr} = f'c + 1.34*s \dots\dots\dots (1)$$

$$f'_{cf} = f'c + 2.33*s-35 \dots\dots\dots (2)$$

De (1):

$$f'_{cr} = 210 + 1.34*20 = 236.8 \text{ kg/cm}^2$$

De (2):

$$f'_{cr} = 210 + 2.33*20-35 = 221.6 \text{ kg/cm}^2$$

Se elige el mayor, por lo que la resistencia para el diseño es de 237 kf/cm2.

- o Tamaño máximo de agregado: 1”

| Types of construction | Slump, in. | |
|--|------------|---------|
| | Maximum+ | Minimum |
| Reinforced foundation walls and footings | 3 | 1 |
| Plain footings, caissons, and substructure walls | 3 | 1 |
| Beams and reinforced walls | 4 | 1 |
| Building columns | 4 | 1 |
| Pavements and slabs | 3 | 1 |
| Mass concrete | 2 | 1 |

*Slump may be increased when chemical admixtures are used, provided that the admixture-treated concrete has the same or lower water-cement or water-cementitious material ratio and does not exhibit segregation potential or excessive bleeding.
 †May be increased 1 in. for methods of consolidation other than vibration.

Figura 7. Asentamientos recomendados para diversos tipos de obras.

Fuente: ACI 211.1-91

“*El slump puede incrementarse cuando se usan aditivos, siempre que no se modifique la relación Agua/Cemento ni exista segregación ni exudación” (Vizconde, 2017).

“*El slump puede incrementarse en 1” si no se usa vibrador en la compactación” (Vizconde, 2017).

- Selección de asentamiento: 4''

| Water, lb/yd ³ of concrete for indicated nominal maximum sizes of aggregate | | | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|--------|------------|---------|---------|---------|
| Slump, in. | 3/8 in.* | 1/2 in.* | 3/4 in.* | 1 in.* | 1-1/2 in.* | 2 in.*† | 3 in.†† | 6 in.†† |
| Non-air-entrained concrete | | | | | | | | |
| 1 to 2 | 350 | 335 | 315 | 300 | 275 | 260 | 220 | 190 |
| 3 to 4 | 385 | 365 | 340 | 325 | 300 | 285 | 245 | 210 |
| 6 to 7 | 410 | 385 | 360 | 340 | 315 | 300 | 270 | — |
| More than 7* | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Approximate amount of entrapped air in non-air-entrained concrete, percent | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 | 0.5 | 0.3 | 0.2 |
| Air-entrained concrete | | | | | | | | |
| 1 to 2 | 305 | 295 | 280 | 270 | 250 | 240 | 205 | 180 |
| 3 to 4 | 340 | 325 | 305 | 295 | 275 | 265 | 225 | 200 |
| 6 to 7 | 365 | 345 | 325 | 310 | 290 | 280 | 260 | — |
| More than 7* | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Recommended averages ¹ total air content, percent for level of exposure: | | | | | | | | |
| Mild exposure | 4.5 | 4.0 | 3.5 | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.5**†† | 1.0**†† |
| Moderate exposure | 6.0 | 5.5 | 5.0 | 4.5 | 4.5 | 4.0 | 3.5**†† | 3.0**†† |
| Severe exposure ^{††} | 7.5 | 7.0 | 6.0 | 6.0 | 5.5 | 5.0 | 4.5**†† | 4.0**†† |

Figura 8. Cantidades aproximadas de agua de amasado para diferentes slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire.

Fuente: ACI 211.1-91.

- Volumen unitario de agua: 325 lb/yd³ = 193 lt/m³
- Contenido de aire: 1.5%

| Compressive strength at 28 days, psi* | Water-cement ratio, by weight | |
|---------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| | Non-air-entrained concrete | Air-entrained concrete |
| 6000 | 0.41 | — |
| 5000 | 0.48 | 0.40 |
| 4000 | 0.57 | 0.48 |
| 3000 | 0.68 | 0.59 |
| 2000 | 0.82 | 0.74 |

Figura 9. Relación Agua/Cemento vs f_c.

Fuente: ACI 211.1-91

- Relación agua – cemento: interpolando se obtiene **0.6408**
- Factor cemento (Volumen unitario de agua entre relación Agua/Cemento): **301.186 kg/m³ = aprox. 7.08 bolsas.**

| Nominal maximum size of aggregate, in. | Volume of oven-dry-rodded coarse aggregate* per unit volume of concrete for different fineness moduli of fine aggregate+ | | | |
|--|--|------|------|------|
| | 2.40 | 2.60 | 2.80 | 3.00 |
| 3/8 | 0.50 | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 1/2 | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 3/4 | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 1 | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 1 1/2 | 0.75 | 0.73 | 0.71 | 0.69 |
| 2 | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 3 | 0.82 | 0.80 | 0.78 | 0.76 |
| 6 | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

Figura 10. Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

Fuente: ACI 211.1-91

- o Contenido de agregado grueso: **0.67**

$$0.67 * 1600 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{1072 \text{ kg/m}^3}$$

- o Cálculo de volúmenes absolutos:

| | | |
|-------------------------|---------------------|-----------------------------|
| - CEMENTO | 301.186/3.11*1000 = | 0.0968 m ³ |
| - AGUA | 193/1 * 1000 = | 0.193 m ³ |
| - AIRE | 1.0 % | = 0.01 m ³ |
| - AGREGADO GRUESO | 1072/2.82 * 1000 = | 0.380 m ³ |
| - SUMA DE VALORES | | 0.6798 m³ |

- o Contenido de agregado fino

$$\text{Volumen absoluto A.F.} = 1 - 0.6798 = 0.3202$$

$$\text{Peso A.F.} = 0.3202 * 2.38 * 1000 = \mathbf{762.076 \text{ kg/m}^3}$$

- o Valores para el diseño de un metro cúbico de concreto

| | |
|------------------------|----------|
| - CEMENTO | 301.2 kg |
| - AGUA DE DISEÑO | 193 lt. |
| - A.G. | 1072 kg |
| - A.F. | 762.1 kg |

- o Corrección por humedad del agregado

$$\text{- A.F. (Contenido de humedad} = 1.419\%) = 762.1 * 1.01419 = \mathbf{772.9 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{- A.G. (Contenido de humedad} = 0.37\%) = 1072 * 1.0037 = \mathbf{1075.97 \text{ kg/m}^3}$$

- o Humedad superficial

$$\text{- A.F.} = 1.419 - 0.723 = + \mathbf{0.696\%}$$

- A.G. 0.37 – 1.015 = - **0.645 %**
 - o Aportes de humedad
- A.F. 762.1*(+0.00696) = 5.3 **lt/m3**
- A.G. 1072*(-0.00645) = -6.9144 **lt/m3**
- Aporte de humedad de agregados **-1.6144 lt/m3**
- **Agua efectiva = 193 + 1.6144 = 194.62 lt/m3**
 - o Pesos de materiales con corrección por la humedad que contiene los agregados
- CEMENTO 301.2 kg/m3
- AGUA EFECTIVA 194.6 **lt/m3**
- A.F. HÚMEDO 772.9 kg/m3
- A.G. HÚMEDO 1075.97 kg/m3
 - o Relación Agua/Cemento
- De diseño 193/301.2 = 0.64
- Efectiva 194.6/301.2 = 0.65
 - o Diseño de proporciones definitivo para un metro cúbico de concreto.
- CEMENTO **301.2 kg**
- AGUA **194.6 lt**
- A.F. **772.9 kg**
- A.G. **1075.97 kg**

Resumen de diseño de mezcla de las muestras.

Tabla 4. Resumen de cantidad de materiales para las muestras.

| Diseño de mezcla método ACI 211.1-91 | | | | | | |
|--------------------------------------|-------|------------------|---|-------------------|---------------------|--------------------|
| MATERIALES | Unid. | 1 m3 CONCRETO | Para 0.06998 m3 (Vol. De 12 probetas + 10%) | | | |
| | | | M-01 (PATRÓN) | M - 02 (5% CC) | M - 03 (7.5% CC) | M - 04 (10% CC) |
| CEMENTO | Kg. | 301.200 | 21.078 | 20.024 | 19.497 | 18.970 |
| ARENA GRUESA | Kg. | 772.900 | 54.088 | 54.088 | 54.088 | 54.088 |
| PIEDRA TRITURADA | Kg. | 1075.970 | 75.296 | 75.296 | 75.296 | 75.296 |
| AGUA | Lt. | 194.600 | 13.618 | 13.618 | 13.618 | 13.618 |
| CENIZA | Kg. | 15.06 (5%) | 0 | 1.054 | 1.581 | 2.108 |
| | | 22.59 (7.5%) | | | | |
| | | 30.12 (10%) | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Diseño Estructural de vivienda multifamiliar

Ubicación

El área en estudio se encuentra ubicado en Canto Grande, Distrito de San Juan de Lurigancho, Provincia de Lima, Departamento de Lima a un promedio de 225 metros sobre el nivel del mar.

Topografía

El área donde se realiza este estudio se ubica a 225 msnm. En cuanto a la topografía que presenta la zona es pendientes suaves, casi plana; este detalle hace que con facilidad pueda ser adecuado para una infraestructura de vivienda, en este caso multifamiliar, ya que el Reglamento Nacional de Edificaciones indica que la inclinación máxima no puede ser mayor a 5%.



Figura 11. Mapa topográfico de la provincia de Lima, en ella se muestra la elevación del lugar de estudio en msnm.

Fuente: Topographic-map.com: <https://es-pe.topographic-map.com/maps/61bk/Per%C3%BA/>

Características

El presente estudio consta del diseño sismorresistente de una vivienda multifamiliar en albañilería confinada que contará con 5 niveles (número máximo de niveles para este tipo de estructura según indica la NTP. E-070).

Estudio de suelos

Para poder identificar los estratos del suelo, así como su composición, se llevó a cabo tres excavaciones manuales (CALICATAS) para los que se utilizó la nomenclatura de C-1, C-2 y C-3; la profundidad de excavación alcanzada fue de 3.0 metros, cabe recalcar que no se encontró nivel freático. Se extrajo una cantidad de muestra para ser analizado y clasificado en el laboratorio siguiendo las recomendaciones de la norma ASTM.

Los estudios realizados a las muestras fueron las que se detallan a continuación:

- Análisis granulométrico según ASTM D – 422
- Contenido de humedad ASTM D – 2216
- Ensayo de corte directo según ASTM D – 3080
- Clasificación de suelos (SUCS) según ASTM D – 2487

Aquellos resultados, así como del análisis de cimentación se encuentran detallados en el los anexos de la presente investigación.

Capacidad de Carga Última

Para calcular la capacidad de carga admisible se utilizará la Teoría de Terzaghi, quién para la capacidad última de carga nos presenta la siguiente expresión:

$$q_u = c'N_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma \quad (\text{cimentación continua o corrida})$$

Figura 12. Capacidad última de carga para cimiento corrido

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica, Braja Das.

Donde intervienen, la cohesión del suelo (c'), peso unitario del suelo (γ), los factores de capacidad de carga adimensionales (N_c , N_q , N_γ) que sólo son funciones del ángulo de fricción del suelo (ϕ').

Mientras que para zapatas rectangulares y cuadradas se tomará en cuenta que propone Meyerhof (1963):

$$q_u = 1.3c'N_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma \quad (\text{cimentación cuadrada})$$

Figura 13. Ecuación de capacidad de carga última

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica, Braja Das.

Adicional a ello Terzaghi proporciona valores de los factores utilizados en las expresiones anteriores.

| ϕ' (grad) | N_c | N_q | N^a_y | ϕ' (grad) | N_c | N_q | N^a_y |
|-------------------|-------|-------|---------|-------------------|--------|--------|---------|
| 0 | 5.70 | 1.00 | 0.00 | 26 | 27.09 | 14.21 | 9.84 |
| 1 | 6.00 | 1.10 | 0.01 | 27 | 29.24 | 15.90 | 11.60 |
| 2 | 6.30 | 1.22 | 0.04 | 28 | 31.61 | 17.81 | 13.70 |
| 3 | 6.62 | 1.35 | 0.06 | 29 | 34.24 | 19.98 | 16.18 |
| 4 | 6.97 | 1.49 | 0.10 | 30 | 37.16 | 22.46 | 19.13 |
| 5 | 7.34 | 1.64 | 0.14 | 31 | 40.41 | 25.28 | 22.65 |
| 6 | 7.73 | 1.81 | 0.20 | 32 | 44.04 | 28.52 | 26.87 |
| 7 | 8.15 | 2.00 | 0.27 | 33 | 48.09 | 32.23 | 31.94 |
| 8 | 8.60 | 2.21 | 0.35 | 34 | 52.64 | 36.50 | 38.04 |
| 9 | 9.09 | 2.44 | 0.44 | 35 | 57.75 | 41.44 | 45.41 |
| 10 | 9.61 | 2.69 | 0.56 | 36 | 63.53 | 47.16 | 54.36 |
| 11 | 10.16 | 2.98 | 0.69 | 37 | 70.01 | 53.80 | 65.27 |
| 12 | 10.76 | 3.29 | 0.85 | 38 | 77.50 | 61.55 | 78.61 |
| 13 | 11.41 | 3.63 | 1.04 | 39 | 85.97 | 70.61 | 95.03 |
| 14 | 12.11 | 4.02 | 1.26 | 40 | 95.66 | 81.27 | 115.31 |
| 15 | 12.86 | 4.45 | 1.52 | 41 | 106.81 | 93.85 | 140.51 |
| 16 | 13.68 | 4.92 | 1.82 | 42 | 119.67 | 108.75 | 171.99 |
| 17 | 14.60 | 5.45 | 2.18 | 43 | 134.58 | 126.50 | 211.56 |
| 18 | 15.12 | 6.04 | 2.59 | 44 | 151.95 | 147.74 | 261.60 |
| 19 | 16.56 | 6.70 | 3.07 | 45 | 172.28 | 173.28 | 325.34 |
| 20 | 17.69 | 7.44 | 3.64 | 46 | 196.22 | 204.19 | 407.11 |
| 21 | 18.92 | 8.26 | 4.31 | 47 | 224.55 | 241.80 | 512.84 |
| 22 | 20.27 | 9.19 | 5.09 | 48 | 258.28 | 287.85 | 650.67 |
| 23 | 21.75 | 10.23 | 6.00 | 49 | 298.71 | 344.63 | 831.99 |
| 24 | 23.36 | 11.40 | 7.08 | 50 | 347.50 | 415.14 | 1072.80 |
| 25 | 25.13 | 12.72 | 8.34 | | | | |

^aValores para N_y de Kumbhojkar (1993)

Figura 14. Factores de capacidad de carga adimensionales

Fuente: Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, Braja Das.

Factor de seguridad

“El factor de seguridad definido por la ecuación (16.16) puede ser al menos 3 en todos los casos” (DAS, 2013, p. 488).

Capacidad de carga admisible

La capacidad de carga admisible es la división de la capacidad última de carga entre el factor de seguridad.

Datos del presente estudio obtenidos del ensayo de corte directo:

Clasificación de suelo (SUCS) de fundación : SC-SM

ángulo de fricción del suelo (ϕ') : 35°

| | |
|------------------------------------|--|
| Cohesión del suelo (c') | : 0.00 kg/cm ² |
| Peso unitario del suelo (γ) | : 1.70 gr/cm ³ = 1.70 Tn/m ³ |
| Profundidad de cimentación | : Debido a la presencia de arena arcillo limosa se recomienda una profundidad (D_f) de 1.50 m. |

Para el ángulo de fricción del suelo de 35°, los factores de capacidad de carga adimensionales N_c, N_q, N_γ son 57.75, 41.44 y 45.41 respectivamente.

Predimensionamiento.

El predimensionamiento de los elementos estructurales se realizará de acuerdo a la Norma Peruana, en el que se debe obtener tres datos principales:

Uno de ellos es el espesor “t” de los muros portantes (es un espesor efectivo) que, si se toma en cuenta la zona sísmica 2 y 3, debe ser como mínimo h/20, sin considerar los tarrajeos y considerando que “h” es la altura libre del muro de albañilería.

Asimismo, debe considerarse la “Densidad mínima de muros reforzados” es cual estará determinado por la expresión según indica la NTP. E-070 en su artículo 5.2.:

$$\frac{\text{área de Corte de los Muros Reforzados}}{\text{Área de la Planta Típica}} = \frac{\sum t}{A_p} \geq \frac{ZUSN}{56}$$

De esta expresión se define que:

L: Es la longitud del muro en total, incluye sus columnas. (Cabe resaltar que participan muros con longitud mayor a 1.2 m.)

t: Espesor efectivo del muro.

N: Es la cantidad de pisos del edificio.

Y las variables “Z, U y S” son factores especificados en la NTP E-030.

Por último, la “verificación del Esfuerzo Axial por cargas de gravedad” (SAN BARTOLOMÉ, 2006, P. 5) en el cual considera la siguiente expresión:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L\bar{t}} \leq 0.2 f_m \left[1 - \left(\frac{h}{35\bar{t}} \right)^2 \right] \leq 0.15 f_m$$

Donde, P_m es la carga axial actuante en el muro.

Datos generales

- Ubicación** : San Juan de Lurigancho, Lima, Lima
- Uso** : Vivienda Multifamiliar
- Sistema de techo** : Loza aligerada en una dirección, espesor 20 cm
- Azotea** : Utilizable, con parapetos y tanque de agua
- Alturas** : De piso a techo, 2.60 m el primer nivel y el resto típico de 2.50 m.

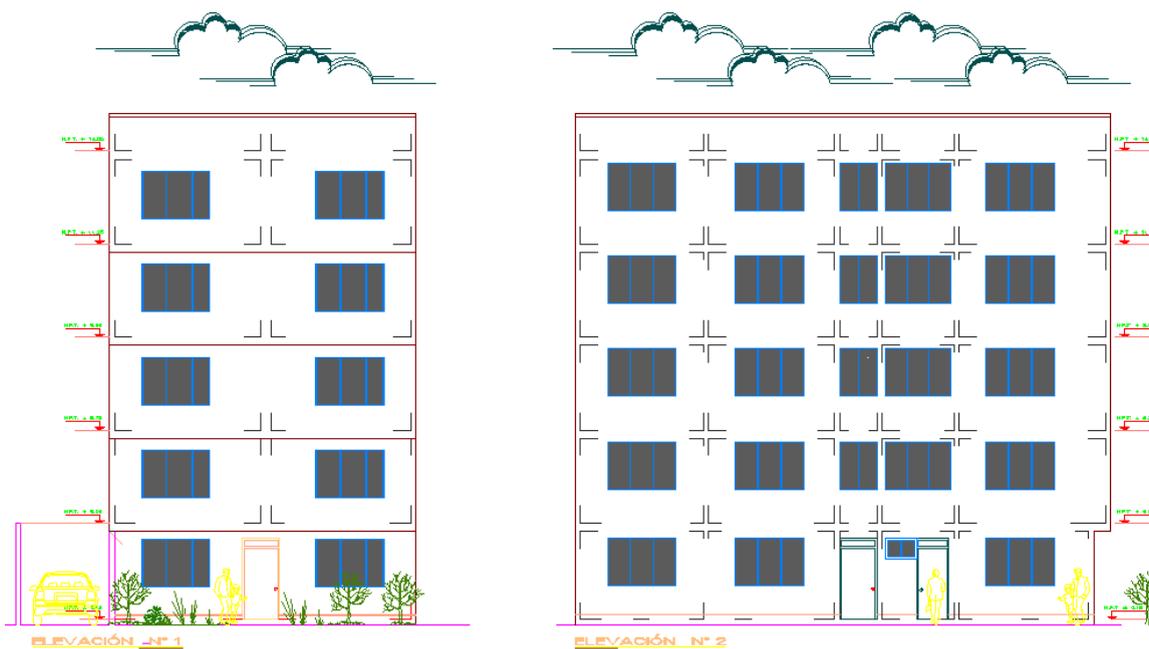


Figura 15. Vista de elevación frontal y lateral de vivienda multifamiliar

Fuente: Elaboración propia

Los detalles completos de la Fig. 6, se encuentran en el plano arquitectónico en el Anexo “X”.

Utilizando las especificaciones de la NTP – E070 se diseñará la vivienda multifamiliar de 5 niveles cuyas plantas se muestran en las Fig. 7 y 8.

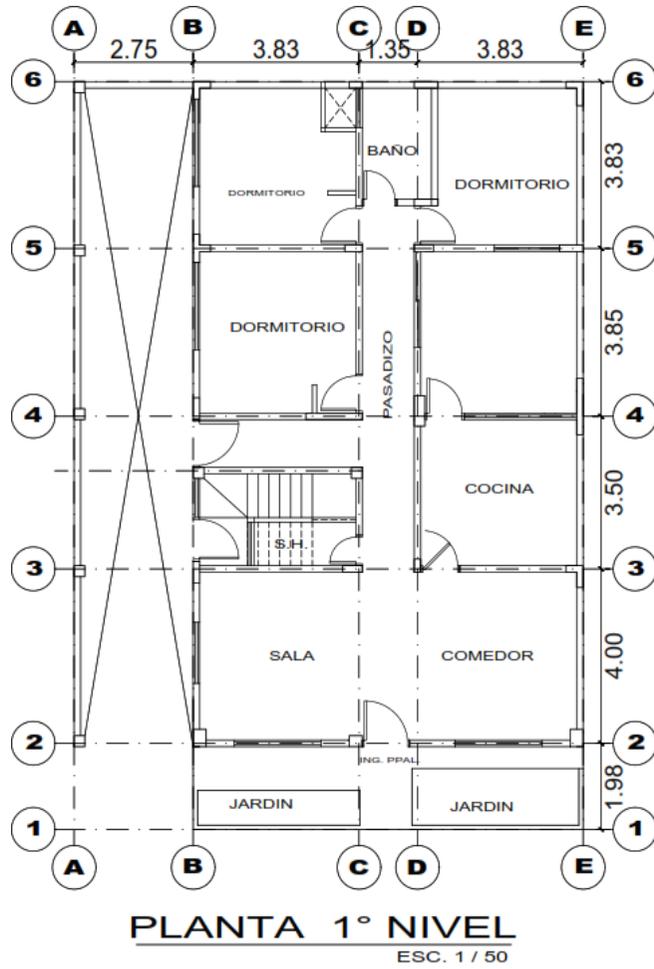


Figura 17. Plano en planta de nivel 1 - vivienda multifamiliar

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

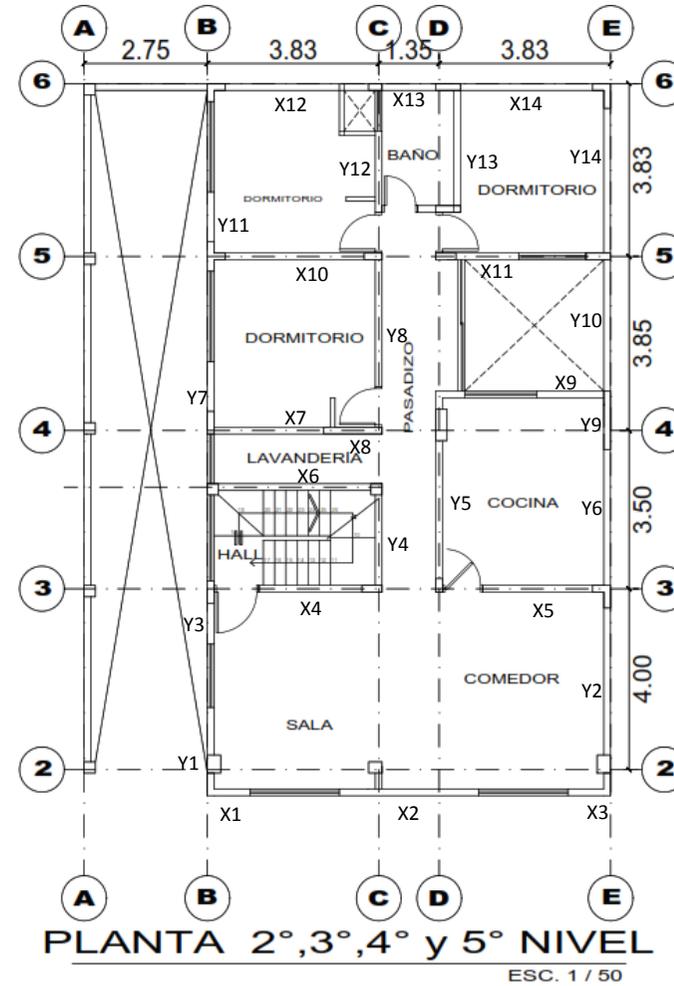


Figura 16. Plano en planta típica de niveles superiores - vivienda multifamiliar

Tabla 5. Características de materiales a utilizar

| MATERIAL | CLASE | CARACTERÍSTICAS | NORMA |
|-------------------------|-------------------------|--|---------------------------|
| Ladrillo | King Kong tipo IV | Medida prom. (cm): 24x13x9 | NTP. |
| | | Rendim.: 38 Unid/m ² | 399.613 |
| | | Peso prom.: 3.85 kg | NTP. |
| | | Resis. a la com.: 202 kg/cm | 331.017 |
| Muro Albañilería | (*) | Resist. A compresión (Pilas) $f_m=65\text{kg/cm}^2$ | E - 070 |
| | | Modulo de elasticidad (Em): $500*f_m = 32500\text{ kg/cm}^2$ | |
| | | Modulo de corte: $G_m = 0.4*E_m = 13000\text{ kg/cm}^2$ | |
| | | Módulo de Poisson (ν)=0.25 | |
| Cemento | Tipo I | Resistencia a sulfatos (0.083%) | NTP. 334.009 |
| | | Contenido de aire: 5.08% | ASTM C-150 |
| Concreto estructural | 90%C + 10%CC | Resistencia a compresión: 210 kg/cm ² | E - 060 |
| | | Modulo de elasticidad: $E_c = 300000\text{ kg/cm}^2$ | |
| | | Módulo de Poisson: $\nu = 0.15$ | |
| Acero de refuerzo | Grado 60 | Esfuerzo de fluencia: $F_y = 4200\text{ kg/cm}^2$ | NTP 341.031 ASTM A 615 |

(*) Datos tomados de: EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LA NORMA E.070 EN EL DISEÑO DE UN EDIFICIO DE ALBAÑILERÍA CONFINADA (San Bartolomé, 2006, p.4)

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar el predimensionamiento es necesario tener en cuenta algunos datos que se muestran en la Tabla 15.

Tabla 6. Pesos unitarios según RNE. E-020 "Cargas"

| MATERIAL | Unidad | Peso unitario |
|---|--------------------|---------------|
| Concreto armado | kgf/m ³ | 2400 |
| Concreto simple | kgf/m ³ | 2300 |
| Albañilería de Unidades de arcilla cocida | kgf/m ³ | 1800 |
| Losa aligerada e=20cm | kgf/m ² | 300 |
| Sobrecarga en entresijos | kgf/m ² | 200 |
| Sobrecarga en azotea | kgf/m ² | 100 |
| Acabados | kgf/m ² | 100 |
| Tarrajeo | kgf/m ³ | 2000 |
| Ventanas | kgf/m ² | 20 |

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta los detalles en el plano de arquitectura se tiene que la altura de albañilería es 2.50 m, por lo tanto, sabiendo que el espesor de muro (t) es $h/20 = 250/20 = 12.5$ cm, por lo que se usará muros de asentado en soga con un ancho de 0.13m (0.15m considerando tarrajeo). Para la densidad de muros confinados como mínimo se determinará utilizando la expresión dada páginas arriba.

$$\frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{ZUSN}{56} = \frac{0.4 * 1 * 1.05 * 4}{56} = 0.03$$

Longitud de los muros en total (Se toma en cuenta sólo muros con longitud mayor a 1.2 m.)

Espesor efectivo : t = 0.13 m.

Área de planta típica : $Ap = 15.25 \times 9.00 = 137.25$ m²

La vivienda multifamiliar estará ubicada en la zona sísmica 4: Z = 0.45

El uso de la estructura es vivienda : U = 1

La estructura está ubicada sobre suelo intermedio : S = 1.05

Cantidad de pisos : N = 4

La longitud total de los muros se muestra a continuación en la Tabla 1

Tabla 7. Densidad de los muros en dirección X e Y.

| X - X | | | | Y - Y | | | |
|--------|-------|-------|----------------------|--------|-------|-------|----------------------|
| Muro | L (m) | t (m) | Ac (m ²) | Muro | L (m) | t (m) | Ac (m ²) |
| X1 | 1.2 | 0.13 | 0.156 | Y1 | 1.95 | 0.13 | 0.2535 |
| X2 | 3.1 | 0.13 | 0.403 | Y2 | 4.5 | 0.13 | 0.585 |
| X3 | 1.2 | 0.13 | 0.156 | Y3 | 1.4 | 0.13 | 0.182 |
| X4 | 2.75 | 0.13 | 0.3575 | Y4 | 2.4 | 0.13 | 0.312 |
| X5 | 2.7 | 0.13 | 0.351 | Y5 | 4.45 | 0.13 | 0.5785 |
| X6 | 3.9 | 0.13 | 0.507 | Y6 | 3.15 | 0.13 | 0.4095 |
| X7 | 2.6 | 0.13 | 0.338 | Y7 | 1.6 | 0.13 | 0.208 |
| X8 (*) | 1.3 | 1.199 | 1.5587 | Y8 | 2.95 | 1.199 | 3.53705 |
| X9 | 1.5 | 0.13 | 0.195 | Y9 (*) | 1.3 | 0.13 | 0.169 |
| X10 | 3.75 | 0.13 | 0.4875 | Y10 | 3.05 | 0.13 | 0.3965 |
| X11 | 1.85 | 0.13 | 0.2405 | Y11 | 1.75 | 0.13 | 0.2275 |
| X12 | 3.6 | 0.13 | 0.468 | Y12 | 1.8 | 0.13 | 0.234 |
| X13 | 2.05 | 0.13 | 0.2665 | Y13 | 2.7 | 0.13 | 0.351 |
| X14 | 3.35 | 0.13 | 0.4355 | Y14 | 3.9 | 0.13 | 0.507 |
| | | | Ac = 5.9202 | | | | Ac = 7.95055 |

(*) Muro X8 e Y9, es concreto armado, por ende $t = tc*(Ec/Em) = 0.13*9.23 = 1.199$

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, en el eje “x”:

$$\frac{\sum Lt}{Ap} = \frac{5.9202}{137.25} = 0.043 \geq 0.03 \quad \gggggggg \quad \mathbf{ok}$$

En el eje “y”:

$$\frac{\sum Lt}{Ap} = \frac{7.9506}{137.25} = 0.058 \geq 0.03 \quad \gggggggg \quad \mathbf{ok}$$

Para realizar la “**Verificación del Esfuerzo Axial por Cargas de Gravedad**” se debe tener en cuenta que F_a (Resistencia admisible a compresión) en muros de albañilería no debe ser mayor que: $0.15 \cdot f'_m$ (SAN BARTOLOMÉ, 2006, p. 5).

$$F_a = 0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] = 0.2 * 650 \left[1 - \left(\frac{2.5}{35 * 0.13} \right)^2 \right] = 90.75 \frac{Ton}{m^2} \leq 97.5$$

Metrado de cargas

“Las cargas actuantes en cada muro se obtienen sumando las cargas directas (peso propio, peso de soleras, dinteles, ventanas y alféizares) más las cargas indirectas (provenientes de la losa del techo: peso propio, acabados y sobrecarga)” (SAN BARTOLOMÉ, 2006, p. 6). Este procedimiento se resume gracias a la utilización del software CYPECAD.

Diseño de elementos de confinamiento

Columnas de confinamiento

Se debe considerar las fuerzas internas:

| FUERZAS INTERNAS | | | |
|-------------------------|---|------------------------------|-------------------------------|
| COLUMNA | V _c (fuerza cortante) | T (tracción) | C (compresión) |
| Interior | $\frac{V_{m1} * L_m}{L(N_c + 1)}$ | $V_{m1} * \frac{h}{L} - P_c$ | $P_c - \frac{V_{m1} * h}{2L}$ |
| Extrema | $1.5 * \frac{V_{m1} * L_m}{L(N_c + 1)}$ | $F - P_c$ | $P_c + F$ |

V_m: Resistencia al corte en el entrepiso "i" de uno de los muros

Figura 18. Fuerzas internas en columnas de confinamiento

Fuente: R.N.E. E – 070, “Albañilería”.

Donde se cumple lo siguiente:

- $M = M_{u1} - \frac{1}{2} * V_{m1} * h$ (“h” es la altura del primer nivel), además M_{u1} es el momento flector del primer nivel en un muro producido por el sismo severo
- “ $F = M/L =$ fuerza axial en las columnas extremas producidas por M ”.
- “ $N_c =$ número de columnas de confinamiento (generalmente en un paño $N_c = 2$)”
- “ $L_m =$ Longitud del paño mayor o $0.5L$ ($L =$ longitud total del muro, incluyendo las columnas de confinamiento), se elige el mayor. En muros de un solo paño ($L_m = L$)”
- “ $P_c =$ Sumatoria de cargas gravitacionales (Carga vertical directa sobre la columna de confinamiento, mitad de la carga axial sobre el paño de muro a cada lado de la columna y carga proveniente de los muros transversales de acuerdo a su longitud tributaria)”.

Para determinar la sección de una columna de confinamiento según las recomendaciones de la N.T.P. E – 070, existen dos métodos, una según el diseño a compresión y otra que es el diseño por corte fricción. Sean los dos métodos utilizados para diseñar una columna de confinamiento, se elegirá el mayor siempre y cuando no sea menor a quince veces el espesor del muro.

Para la columna C-1, el área de su sección transversal será igual a $A_n + 2r$ ($r =$ recubrimiento) y se debe cumplir que su área del núcleo (A_n):

$$A_n = A_s + \frac{C / \phi - A_s * f_y}{0.85 * \delta * f'_c} \dots \dots \dots (N.T.P. E - 070)$$

$\phi = 0.7$ cuando se emplea estribos cerrado y 0.75 para cuando se use zunchos.

$\delta = 0.8$ cuando la columna no tiene muros transversales y 1 para las que se confinan por muros transversales. (Ver Fig. 9.)

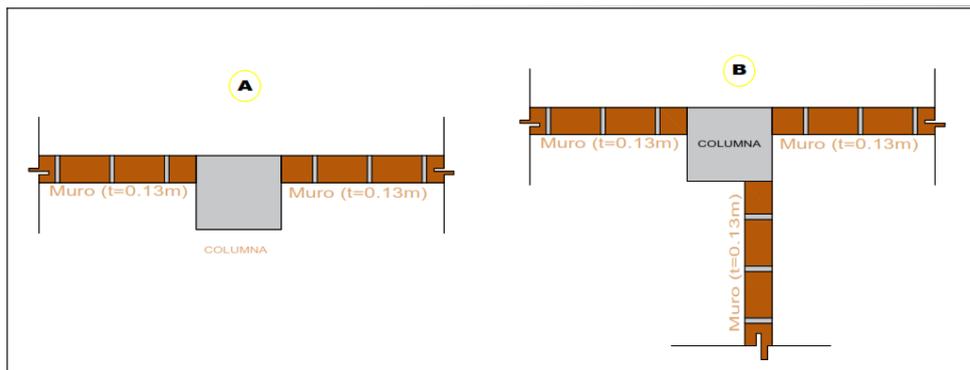


Figura 19. A) Columna sin muros transversales, B) Columna con muro transversal

C-1 es una columna externa, por lo que: $C = P_c + F$; $2 \leq V_{mi}/V_{ei} \leq 3$

$$M_{u1} = M_{e1} * \frac{V_{m1}}{V_{e1}} = 0.48 * \frac{1.57}{0.56} = 1.344 \text{ Tn.m}$$

$$M = M_{u1} - \frac{1}{2} * V_{m1} * h = 5.398 - 0.5 * 1.57 * 2.85 = 3.16 \text{ Tn.m}$$

$$P_c = \frac{P_g}{N_c} = \frac{10.1}{2} = 5.05 \text{ Tn}$$

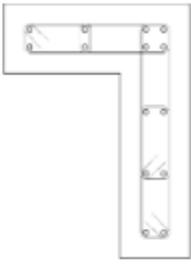
$$F = \frac{M}{L} = \frac{3.16}{2.85} = 1.109 \text{ Tn}$$

$$C \text{ (cortante)} = 5.05 + 1.109 = 6.159$$

$$A_n = A_s + \frac{C / -A_s * f_y}{0.85 * \delta * f'_c} = 30 + \frac{6.159 - 30 * 4200}{0.85 * 0.8 * 210} = 852.3 \text{ cm}^2$$

La columna a utilizar es de geometría “L” para un mejor comportamiento a la envolvente y evitar las “pestañas” en muros.

Tabla 8. Datos de columna C-1

| DATOS DE LA COLUMNA (C-1) | | |
|---|--|--------------------|
|  | Geometría | |
| | Sección: | L (0.4X0.55X0.15) |
| | Tramo: | 0.00/2.85 m |
| Altura libre: | 2.60 m | |
| | Materiales | Longitud de pandeo |
| Concreto: | 90%C+10%CC $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ | Plano ZX: 2.60 m |
| Barras de acero: | Grado 60 | Plano ZY: 2.60m |

Fuente: *Elaboración propia*

El resumen de la geometría de las columnas de confinamiento se detallan en el plano del Anexo E.

Diseño de vigas soleras

Para el diseño de vigas soleras será a tracción pura que sea capaz de soportar:

$$T_s = V_{m1} * \frac{L_m}{2L}$$

$$A_s = \frac{T_s}{\phi * f_y} \geq \frac{0.1 * f'_c * A_{cs}}{f_y} \dots \dots \dots \text{(Mínimo: } 4\phi 8\text{mm)} \dots \dots \dots \text{R.N.E. E - 070.}$$

$\phi = 0.9$ y A_{cs} es el área de la sección transversal de la viga solera.

Además, según recomienda la Norma Peruana E – 070, “El área de la sección transversal de la solera será suficiente para alojar el refuerzo longitudinal (As), pudiéndose emplear vigas chatas con un peralte igual al espesor de la losa del techo. En la solera se colocará estribos mínimos: [] 6mm, 1@5,4@10, r@25 cm”.

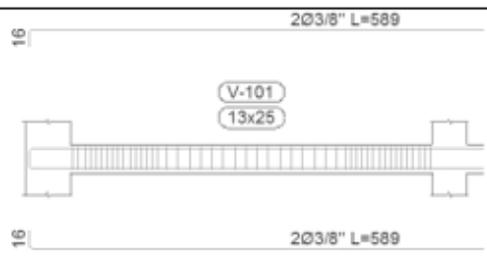
Para la viga solera V-101:

$$T_s = 1.57 * \frac{3.75}{2*3.75} = 0.785 T_n$$

$$A_s = \frac{0.785}{0.9*4200} \geq \frac{0.1*210*0.0325}{4200} = 0.00021 \geq 0.000163 \dots\dots\dots \text{OK}$$

Detalles de viga solera:

Tabla 9. Datos de viga V – 101

| DATOS DE LA VIGA (V-101) | |
|--|--------------------|
|  | Geometría |
| | Dimensiones: 13x25 |
| | Luz libre: 3.2 cm |
| Recubrimiento: 2.0 cm | Materiales |
| Concreto: 90%C+10%CC f'c = 210 kg/cm ² | |
| Barras de acero: Grado 60 | |

Fuente: *Elaboración propia*

El resumen de la totalidad de las vigas se muestra en Anexo E, además, el resto de elementos (Columnas y vigas) de algunos pórticos que conforman la estructura fueron diseñados utilizando las recomendaciones de la Norma E-060 y las comprobaciones en base a los Estados Limite de Agotamiento que realiza el programa Cypecad para cada uno de estos elementos estructurales.

Análisis Sísmico.

Dependiendo de la regularidad del edificio se va realizar en primera instancia un análisis estático ante acciones de sismo, para ello se modelará el edificio haciendo uso del sistema de pórticos planos quienes deben estar conectados mediante las losas de techo (Diafragma rígido), para este procedimiento se hará uso del programa Cypecad. Además, se realizará el “Diseño por sismo moderado, resistencia al corte global, fuerzas internas ante sismo severo y la verificación del agrietamiento en pisos superiores” (SAN BARTOLOMÉ, 2006, p. 20).

Configuración de material a utilizar, concreto con incorporación de ceniza de carbón en los porcentajes estudiados y otros datos generales que muestran las Fig. 9, 10 y 11.

| Tipo | Referencia | Editar | Borrar | Copiar | Exportar | En uso |
|------|-------------------------------|--------|--------|--------|----------|--------|
| 1 | 100%C+0%CC f'c = 210 kg/cm2 | | | | | |
| 2 | 95%C+5%CC f'c = 210 kg/cm2 | | | | | |
| 3 | 92.5%C+7.5%CC f'c = 210kg/cm2 | | | | | |
| 4 | 90%C+10%CC f'c = 210 kg/cm2 | | | | | |

Figura 20. Configuración de concreto con datos de estudio, Software Cypecad.

Figura 21. Configuración según NTP E.030, Software Cypecad

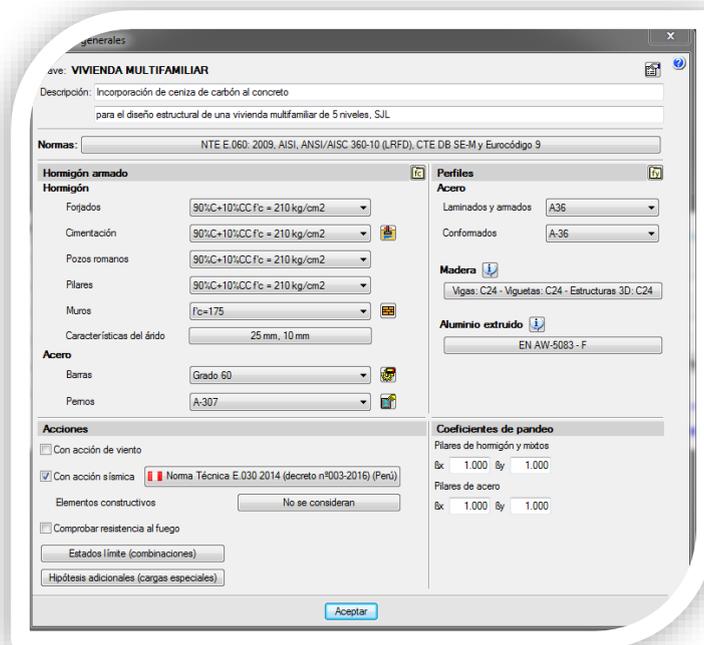


Figura 22. Configuración de datos generales, Software Cypecad

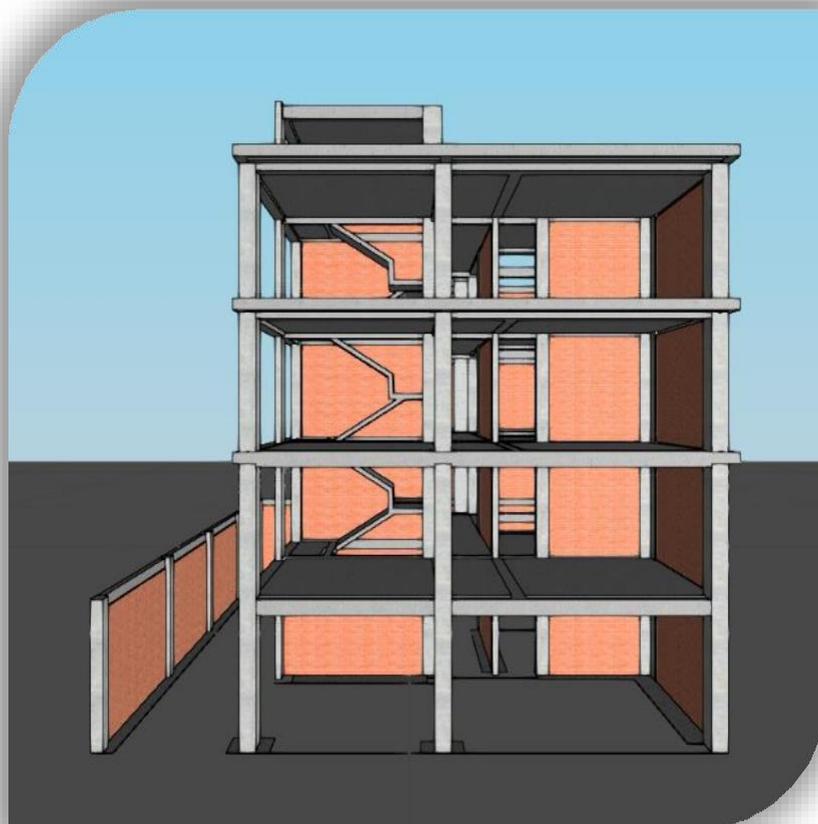


Figura 23. Vista frontal en 3 dimensiones del modelado final de la estructura - Software Cypecad

Método de análisis de datos

En el proceso de esta investigación se utilizarán diversos TICs (Tecnología de la Información y Comunicación) como Microsoft Office, Microsoft Excel y AutoCAD; en cuanto al análisis se usará el Software Cypecad haciendo uso los datos que se han obtenido de los diversos ensayos de los testigos cilíndricos de concreto para la configuración del material, criterio del investigador y para el diseño sismorresistente se usará como guía la N.T.P. E-030, N.T.P. E-020, N.T.P. E-070 y normativas del “American Concrete Institute” como son el 301s, 318s y 211.1.

Aspectos éticos

En el proceso de redacción de la presente investigación se ha recurrido a diversas investigaciones similares (Tesis), libros, revistas, videos, diapositivas, páginas de internet, artículos, blogs, etc.; que serán referenciados según la normativa APA.

III. RESULTADOS

Resistencia a compresión del concreto

Tabla 10. Resultados de resistencia a compresión de testigos cilíndricos.

| RESISTENCIA A COMPRESIÓN f_c DE DISTINTAS MUESTRAS DE CONCRETO | | | | | | | |
|--|------------------|------------------------|----------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Autores | | Alfonzo Braña, Saul | | | | | |
| | | Hurtado Quispa, Dennis | | | | | |
| PROPORCIÓN C - CC | Nº DE MUESTRA | FECHA ELAB. | FECHA RUPT. | ÁREA (cm ²) | RESISTENCIA A COMPRESIÓN | | |
| | | | | | 7 días | 14 días | 28 días |
| | | | | | f_c (kg/cm ²) | f_c (kg/cm ²) | f_c (kg/cm ²) |
| 100% cemento + 0% ceniza carbón | M-1 | 02/10/2019 | 09/10/2019 | 176.720 | 171.22 | - | - |
| | M-2 | 02/10/2019 | 09/10/2019 | 176.720 | 166.48 | - | - |
| | M-3 | 02/10/2019 | 09/10/2019 | 177.420 | 166.54 | - | - |
| | M-4 | 30/09/2019 | 14/10/2019 | 176.720 | - | 183.63 | - |
| | M-5 | 30/09/2019 | 14/10/2019 | 176.720 | - | 194.09 | - |
| | M-6 | 30/09/2019 | 14/10/2019 | 177.900 | - | 200.69 | - |
| | M-7 | 28/09/2019 | 26/10/2019 | 176.950 | - | - | 217.77 |
| | M-8 | 28/09/2019 | 26/10/2019 | 176.720 | - | - | 213.11 |
| | M-9 | 28/09/2019 | 26/10/2019 | 176.720 | - | - | 214.12 |
| 95% cemento + 5% ceniza carbón | M-1 | 02/10/2019 | 09/10/2019 | 176.720 | 176.52 | - | - |
| | M-2 | 02/10/2019 | 09/10/2019 | 178.610 | 178.95 | - | - |
| | M-3 | 02/10/2019 | 09/10/2019 | 176.720 | 204.27 | - | - |
| | M-4 | 30/09/2019 | 14/10/2019 | 176.720 | - | 208.24 | - |
| | M-5 | 30/09/2019 | 14/10/2019 | 178.130 | - | 200.39 | - |
| | M-6 | 30/09/2019 | 14/10/2019 | 176.720 | - | 200.78 | - |
| | M-7 | 28/09/2019 | 26/10/2019 | 176.950 | - | - | 228.85 |
| | M-8 | 28/09/2019 | 26/10/2019 | 176.720 | - | - | 224.98 |
| | M-9 | 28/09/2019 | 26/10/2019 | 176.720 | - | - | 227.23 |
| 92.5% cemento + 7.5% ceniza carbón | M-1 | 02/10/2019 | 09/10/2019 | 177.190 | 179.32 | - | - |
| | M-2 | 02/10/2019 | 09/10/2019 | 176.720 | 178.36 | - | - |
| | M-3 | 02/10/2019 | 09/10/2019 | 177.420 | 177.28 | - | - |
| | M-4 | 30/09/2019 | 14/10/2019 | 177.420 | - | 201.29 | - |
| | M-5 | 30/09/2019 | 14/10/2019 | 176.720 | - | 199.25 | - |
| | M-6 | 30/09/2019 | 14/10/2019 | 176.720 | - | 199.71 | - |
| | M-7 | 28/09/2019 | 26/10/2019 | 176.720 | - | - | 218.52 |
| | M-8 | 28/09/2019 | 26/10/2019 | 178.130 | - | - | 218.92 |
| | M-9 | 28/09/2019 | 26/10/2019 | 176.720 | - | - | 219.53 |
| 90% cemento + 10% ceniza carbón | M-1 | 02/10/2019 | 09/10/2019 | 177.900 | 166.1 | - | - |
| | M-2 | 02/10/2019 | 09/10/2019 | 176.720 | 165.96 | - | - |
| | M-3 | 02/10/2019 | 09/10/2019 | 176.720 | 161.4 | - | - |
| | M-4 | 30/09/2019 | 14/10/2019 | 177.900 | - | 190.84 | - |
| | M-5 | 30/09/2019 | 14/10/2019 | 176.720 | - | 190.33 | - |
| | M-6 | 30/09/2019 | 14/10/2019 | 176.720 | - | 188.28 | - |
| | M-7 | 28/09/2019 | 26/10/2019 | 176.720 | - | - | 214.65 |
| | M-8 | 28/09/2019 | 26/10/2019 | 177.420 | - | - | 211.6 |
| | M-9 | 28/09/2019 | 26/10/2019 | 176.720 | - | - | 211.03 |
| TOTAL | 36 | | | | | | |

INSTRUCCIONES: *Colocar los datos obtenidos en laboratorio en los espacios correspondientes.
*Los datos de resistencia a compresión, deben estar en las unidades especificadas en la tabla.

Fuente: Elaboración propia

Contenido químico de ceniza de carbón

Tabla 11. Resultados obtenidos del análisis químico de la ceniza de carbón.

| | Resultados (%) | Requisitos para cenizas de clase N (%) |
|---|-----------------------|---|
| SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ (% mínimo) | 76.28 | 70.00 |
| SO ₃ (% máximo) | 1.71 | 4.00 |
| Humedad (% máximo) | 1.21 | 3.00 |

Fuente: *Elaboración propia*

Capacidad de carga admisible del suelo

Cimiento corrido

Según las fórmulas que propone Terzaghi indicadas páginas arriba, se procede a calcular la capacidad de carga admisible del suelo.

| Tipo de Cimentación | Profundidad (m) | Ancho (B) (m) | Qult (kg/cm²) | F.S. | Qadm (kg/cm²) |
|----------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------------|-------------|---------------------------------|
| Cimiento corrido | 0.8 | 0.4 | 7.18 | 3 | 2.39 |
| | 0.8 | 0.6 | 7.95 | 3 | 2.65 |
| | 1 | 0.6 | 9.36 | 3 | 3.12 |
| | 1.2 | 0.8 | 11.54 | 3 | 3.85 |

Figura 24. Capacidad de carga admisible para cimentación corrida.

Fuente: *Elaboración propia*

Cimiento cuadrado o rectangular

| Tipo de Cimentación | Profundidad (m) | Ancho (B) (m) | Qult (kg/cm²) | F.S. | Qadm (kg/cm²) |
|---------------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------------|-------------|---------------------------------|
| Cimiento cuadrado o rectangular | 0.8 | 0.4 | 6.87 | 3 | 2.29 |
| | 0.8 | 0.6 | 7.49 | 3 | 2.50 |
| | 1 | 0.6 | 8.90 | 3 | 2.97 |
| | 1.2 | 0.8 | 10.92 | 3 | 3.64 |

Figura 25. Capacidad de carga admisible para cimentación cuadrada.

Fuente: *Elaboración propia.*

Módulo de Balasto

“Morrison & Morrison Ingenieros” proporciona valores del coeficiente de Winkler o Módulo de Balasto para diferentes valores de **Qadm**. A partir de ello se determinará el coeficiente de balasto a utilizar en el programa Cypecad al momento de diseñar la cimentación, la Fig. 13 muestra los valores mencionados, los cuales fueron recopilados de diversos estudios realizados por investigadores como el profesor Terzaghi y otros muy reconocidos.

| Qadm (Kg/Cm ²) | Winkler (Kg/Cm ³) | Esf Adm (Kg/Cm ²) | Winkler (Kg/Cm ³) | Esf Adm (Kg/Cm ²) | Winkler (Kg/Cm ³) |
|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 0.25 | 0.65 | 1.55 | 3.19 | 2.85 | 5.70 |
| 0.30 | 0.78 | 1.60 | 3.28 | 2.90 | 5.80 |
| 0.35 | 0.91 | 1.65 | 3.37 | 2.95 | 5.90 |
| 0.40 | 1.04 | 1.70 | 3.46 | 3.00 | 6.00 |
| 0.45 | 1.17 | 1.75 | 3.55 | 3.05 | 6.10 |
| 0.50 | 1.30 | 1.80 | 3.64 | 3.10 | 6.20 |
| 0.55 | 1.39 | 1.85 | 3.73 | 3.15 | 6.30 |
| 0.60 | 1.48 | 1.90 | 3.82 | 3.20 | 6.40 |
| 0.65 | 1.57 | 1.95 | 3.91 | 3.25 | 6.50 |
| 0.70 | 1.66 | 2.00 | 4.00 | 3.30 | 6.60 |
| 0.75 | 1.75 | 2.05 | 4.10 | 3.35 | 6.70 |
| 0.80 | 1.84 | 2.10 | 4.20 | 3.40 | 6.80 |
| 0.85 | 1.93 | 2.15 | 4.30 | 3.45 | 6.90 |
| 0.90 | 2.02 | 2.20 | 4.40 | 3.50 | 7.00 |
| 0.95 | 2.11 | 2.25 | 4.50 | 3.55 | 7.10 |
| 1.00 | 2.20 | 2.30 | 4.60 | 3.60 | 7.20 |
| 1.05 | 2.29 | 2.35 | 4.70 | 3.65 | 7.30 |
| 1.10 | 2.38 | 2.40 | 4.80 | 3.70 | 7.40 |
| 1.15 | 2.47 | 2.45 | 4.90 | 3.75 | 7.50 |
| 1.20 | 2.56 | 2.50 | 5.00 | 3.80 | 7.60 |
| 1.25 | 2.65 | 2.55 | 5.10 | 3.85 | 7.70 |
| 1.30 | 2.74 | 2.60 | 5.20 | 3.90 | 7.80 |
| 1.35 | 2.83 | 2.65 | 5.30 | 3.95 | 7.90 |
| 1.40 | 2.92 | 2.70 | 5.40 | 4.00 | 8.00 |
| 1.45 | 3.01 | 2.75 | 5.50 | | |
| 1.50 | 3.10 | 2.80 | 5.60 | | |

Figura 26. Módulo de Balasto para distintos Qadm. - CALAMEÓ

Valores del Módulo de Balasto para capacidades de carga admisible de la presente investigación.

Tabla 12. Coeficiente de Balasto

| Cimiento corrido | | | | |
|--|------|------|------|------|
| Qadm (kg/cm ²) | 2.39 | 2.65 | 3.12 | 3.85 |
| C. Balasto (kg/cm ²) | 4.78 | 5.3 | 6.24 | 7.7 |
| Cimiento cuadrado - rectangular | | | | |
| Qadm (kg/cm ²) | 2.29 | 2.5 | 2.97 | 3.64 |
| C. Balasto (kg/cm ²) | 4.58 | 5 | 5.94 | 7.28 |

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones del estudio de suelos

El perfil estratigráfico muestra la composición de suelo arena bien graduada con grava (SW) y arena arcillo limosa (SC-SM), la profundidad de cimentación como mínimo será a 1.00 m.

La capacidad de carga admisible mínimo debe ser 2.29 kg/cm² y como máximo 2.65 kg/cm². A partir del análisis de sulfatos y presencia de sales, se confirma la presencia de sulfatos de forma leve con 726.36 ppm y 154.12 ppm presencia de sales por lo que es justificable utilizar cemento de Tipo I en la cimentación.

Análisis sísmico de la estructura

Los resultados gráficos del análisis sísmico dinámico modal espectral se visualizan en las figuras 15 y 16.

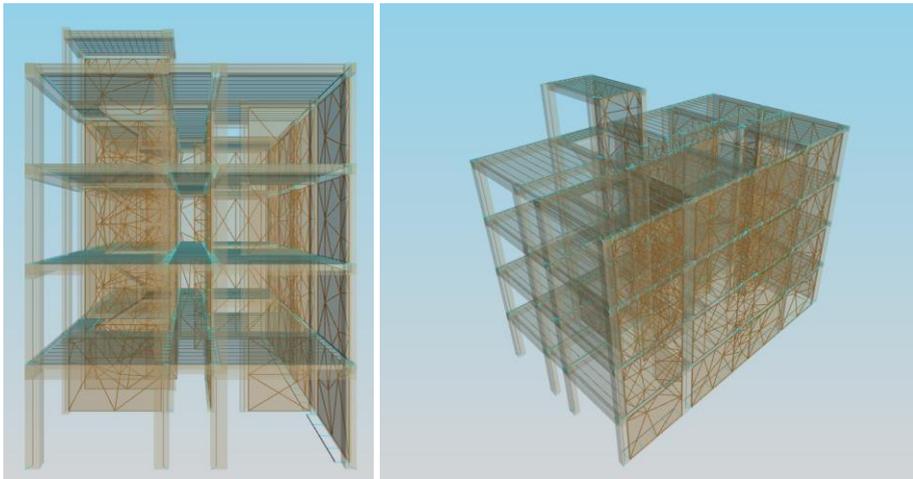


Figura 27. Modelo analítico del cálculo de la estructura, derecha vista 3D, izquierda vista frontal - Cypecad

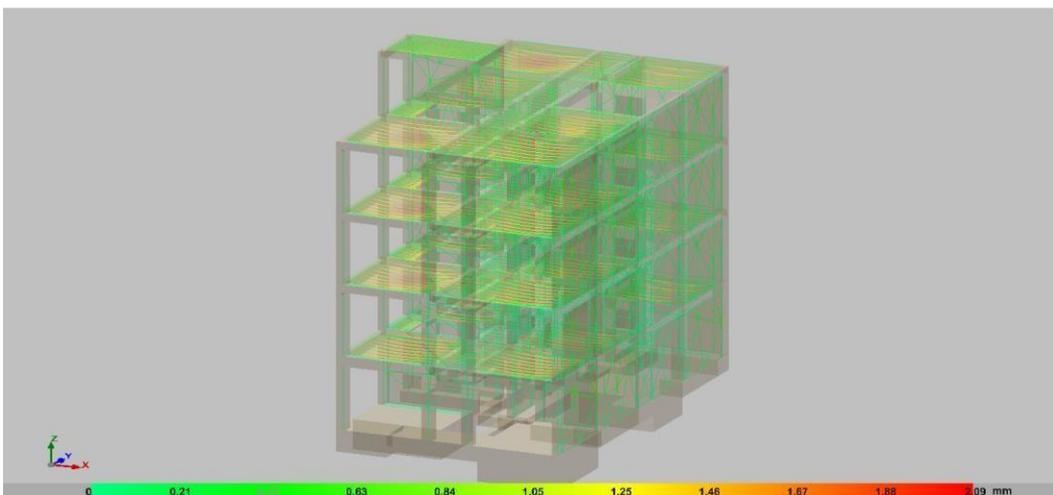


Figura 28. Deformada de la estructura - Software Cypecad

Verificación de desplazamientos laterales

Tabla 13. Desplazamientos laterales absolutos para cada nivel (Derivas)

| Situaciones Sísmicas | | | | | | | |
|----------------------|---------|----------|-------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|
| COLUMNA | PLANTA | COTA (m) | h (m) | Sismo X-X | | Sismo Y-Y | |
| | | | | Deriva (m) | Distorsión Relativa | Deriva (m) | Distorsión Relativa |
| C-1 | Nivel 4 | 10.98 | 2.75 | 0.0012 | h/2292 | 0.0007 | h/3929 |
| | Nivel 3 | 8.22 | 2.75 | 0.0016 | h/1719 | 0.0009 | h/3056 |
| | Nivel 2 | 5.47 | 2.75 | 0.002 | h/1375 | 0.0011 | h/2500 |
| | Nivel 1 | 2.73 | 2.73 | 0.0017 | h/1603 | 0.001 | h/2725 |
| C-2 | Nivel 4 | 10.98 | 2.75 | 0.0012 | h/2292 | 0.0011 | h/2500 |
| | Nivel 3 | 8.22 | 2.75 | 0.0017 | h/1618 | 0.0014 | h/1965 |
| | Nivel 2 | 5.47 | 2.75 | 0.002 | h/1375 | 0.0016 | h/1719 |
| | Nivel 1 | 2.73 | 2.73 | 0.0018 | h/1514 | 0.0013 | h/2097 |
| C-3 | Nivel 4 | 10.95 | 2.75 | 0.0012 | h/2292 | 0.0015 | h/1834 |
| | Nivel 3 | 8.2 | 2.75 | 0.0017 | h/1618 | 0.0019 | h/1448 |
| | Nivel 2 | 5.45 | 2.8 | 0.002 | h/1400 | 0.002 | h/1400 |
| | Nivel 1 | 2.65 | 2.65 | 0.0018 | h/1473 | 0.0016 | h/1657 |
| C-4 | Nivel 4 | 10.9 | 2.75 | 0.0012 | h/2292 | 0.0023 | h/1196 |
| | Nivel 3 | 8.15 | 2.75 | 0.0016 | h/1719 | 0.0029 | h/949 |
| | Nivel 2 | 5.4 | 2.75 | 0.002 | h/1675 | 0.0031 | h/888 |
| | Nivel 1 | 2.65 | 2.65 | 0.0017 | h/1559 | 0.0024 | h/1105 |
| C-5 | Nivel 4 | 10.9 | 2.75 | 0.0012 | h/2292 | 0.0007 | h/3929 |
| | Nivel 3 | 8.15 | 2.75 | 0.0015 | h/1834 | 0.0009 | h/3056 |
| | Nivel 2 | 5.4 | 2.75 | 0.0016 | h/1719 | 0.0011 | h/2500 |
| | Nivel 1 | 2.65 | 2.65 | 0.0013 | h/2039 | 0.001 | h/2650 |
| C-6 | Nivel 4 | 10.9 | 2.75 | 0.0012 | h/2292 | 0.0011 | h/2500 |
| | Nivel 3 | 8.15 | 2.75 | 0.0015 | h/1834 | 0.0014 | h/1965 |
| | Nivel 2 | 5.4 | 2.75 | 0.0016 | h/1719 | 0.0016 | h/1719 |
| | Nivel 1 | 2.65 | 2.65 | 0.0013 | h/2039 | 0.0013 | h/2039 |
| C-7 | Nivel 4 | 10.95 | 2.75 | 0.0012 | h/2292 | 0.0015 | h/1834 |
| | Nivel 3 | 8.2 | 2.75 | 0.0015 | h/1834 | 0.0019 | h/1448 |
| | Nivel 2 | 5.45 | 2.8 | 0.0016 | h/1750 | 0.002 | h/1400 |
| | Nivel 1 | 2.65 | 2.65 | 0.0013 | h/2039 | 0.0016 | h/1657 |
| C-8 | Nivel 4 | 10.9 | 2.75 | 0.0012 | h/2292 | 0.0023 | h/1196 |
| | Nivel 3 | 8.15 | 2.75 | 0.0015 | h/1834 | 0.0029 | h/949 |
| | Nivel 2 | 5.4 | 2.75 | 0.0016 | h/1719 | 0.0032 | h/860 |
| | Nivel 1 | 2.65 | 2.65 | 0.0013 | h/2039 | 0.0024 | h/1105 |
| C-9 | Nivel 4 | 10.9 | 2.75 | 0.0018 | h/1528 | 0.0012 | h/2292 |
| | Nivel 3 | 8.15 | 2.75 | 0.0021 | h/1310 | 0.0015 | h/1834 |
| | Nivel 2 | 5.4 | 2.75 | 0.0022 | h/1250 | 0.0016 | h/1719 |
| | Nivel 1 | 2.65 | 2.65 | 0.0015 | h/1767 | 0.0013 | h/2039 |

Fuente: Software Cypecad

Tabla 14. Desplazamientos laterales absolutos para cada nivel (Derivas) – I

| Situaciones Sísmicas | | | | | | | |
|----------------------|---------|----------|-------|------------|---------------------|------------|---------------------|
| COLUMNA | PLANTA | COTA (m) | h (m) | Sismo X-X | | Sismo Y-Y | |
| | | | | Deriva (m) | Distorsión Relativa | Deriva (m) | Distorsión Relativa |
| C - 10 | Nivel 4 | 10.98 | 2.75 | 0.0016 | h/1719 | 0.0015 | h/1834 |
| | Nivel 3 | 8.22 | 2.75 | 0.0019 | h/1448 | 0.0019 | h/1448 |
| | Nivel 2 | 5.47 | 2.75 | 0.002 | h/1375 | 0.002 | h/1375 |
| | Nivel 1 | 2.73 | 2.73 | 0.0014 | h/1947 | 0.0016 | h/1704 |
| C - 11 | Nivel 4 | 10.9 | 2.75 | 0.0018 | h/1528 | 0.0023 | h/1196 |
| | Nivel 3 | 8.15 | 2.75 | 0.0021 | h/1310 | 0.0029 | h/949 |
| | Nivel 2 | 5.4 | 2.75 | 0.0022 | h/1250 | 0.0031 | h/888 |
| | Nivel 1 | 2.65 | 2.65 | 0.0015 | h/1767 | 0.0024 | h/1105 |
| C - 12 | Nivel 5 | 13.45 | 2.5 | 0.0015 | h/1667 | 0.005 | h/491 |
| | Nivel 4 | 10.95 | 2.75 | 0.0021 | h/1310 | 0.0015 | h/1834 |
| | Nivel 3 | 8.2 | 2.75 | 0.0025 | h/1100 | 0.0019 | h/1448 |
| | Nivel 2 | 5.45 | 2.8 | 0.0026 | h/1077 | 0.002 | h/1400 |
| | Nivel 1 | 2.65 | 2.65 | 0.0017 | h/1559 | 0.0016 | h/1657 |
| C - 13 | Nivel 5 | 13.45 | 2.55 | 0.0016 | h/1594 | 0.0034 | h/750 |
| | Nivel 4 | 10.9 | 2.75 | 0.0021 | h/1310 | 0.0023 | h/1196 |
| | Nivel 3 | 8.15 | 2.75 | 0.0025 | h/1100 | 0.0029 | h/949 |
| | Nivel 2 | 5.4 | 2.75 | 0.0026 | h/1058 | 0.0032 | h/860 |
| | Nivel 1 | 2.65 | 2.65 | 0.0017 | h/1559 | 0.0024 | h/1105 |
| C - 14 | Nivel 4 | 10.98 | 2.75 | 0.0026 | h/1058 | 0.0007 | h/3929 |
| | Nivel 3 | 8.23 | 2.75 | 0.0031 | h/888 | 0.0009 | h/3056 |
| | Nivel 2 | 5.48 | 2.75 | 0.0032 | h/860 | 0.0011 | h/2500 |
| | Nivel 1 | 2.73 | 2.73 | 0.0021 | h/1298 | 0.001 | h/2725 |
| C - 15 | Nivel 4 | 10.98 | 2.75 | 0.0025 | h/1100 | 0.0009 | h/3056 |
| | Nivel 3 | 8.22 | 2.75 | 0.0031 | h/888 | 0.0012 | h/2292 |
| | Nivel 2 | 5.47 | 2.75 | 0.0032 | h/860 | 0.0013 | h/2116 |
| | Nivel 1 | 2.73 | 2.73 | 0.0021 | h/1298 | 0.0011 | h/2478 |
| C - 16 | Nivel 4 | 10.9 | 2.75 | 0.0025 | h/1100 | 0.0012 | h/2292 |
| | Nivel 3 | 8.15 | 2.75 | 0.003 | h/917 | 0.0015 | h/1834 |
| | Nivel 2 | 5.4 | 2.75 | 0.0031 | h/888 | 0.0016 | h/1719 |
| | Nivel 1 | 2.65 | 2.65 | 0.0021 | h/1262 | 0.0013 | h/2039 |
| C - 17 | Nivel 4 | 10.9 | 2.75 | 0.0012 | h/2292 | 0.0023 | h/1196 |
| | Nivel 3 | 8.15 | 2.75 | 0.0015 | h/1834 | 0.0029 | h/949 |
| | Nivel 2 | 5.4 | 2.75 | 0.0016 | h/1719 | 0.0032 | h/860 |
| | Nivel 1 | 2.65 | 2.65 | 0.0013 | h/2039 | 0.0024 | h/1105 |

Fuente: Software Cypecad

Tabla 15. Desplazamientos laterales absolutos para cada nivel (Derivas) – 2

| Situaciones Sísmicas | | | | | | | |
|----------------------|---------|----------|-------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|
| COLUMNA | PLANTA | COTA (m) | h (m) | Sismo X-X | | Sismo Y-Y | |
| | | | | Deriva (m) | Distorsión Relativa | Deriva (m) | Distorsión Relativa |
| C - 18 | Nivel 5 | 13.45 | 2.55 | 0.0036 | h/709 | 0.0034 | h/750 |
| | Nivel 4 | 10.9 | 2.75 | 0.0026 | h/1058 | 0.0023 | h/1196 |
| | Nivel 3 | 8.15 | 2.75 | 0.0031 | h/888 | 0.0029 | h/949 |
| | Nivel 2 | 5.4 | 2.75 | 0.0032 | h/860 | 0.0032 | h/860 |
| | Nivel 1 | 2.65 | 2.65 | 0.0021 | h/1262 | 0.0024 | h/1105 |
| C - 19 | Nivel 4 | 10.95 | 2.75 | 0.0034 | h/809 | 0.0007 | h/3929 |
| | Nivel 3 | 8.2 | 2.75 | 0.0042 | h/655 | 0.0009 | h/3056 |
| | Nivel 2 | 5.45 | 2.8 | 0.0044 | h/637 | 0.0011 | h/2546 |
| | Nivel 1 | 2.65 | 2.65 | 0.0029 | h/914 | 0.001 | h/2650 |
| C - 20 | Nivel 4 | 10.9 | 2.75 | 0.0034 | h/809 | 0.0012 | h/2292 |
| | Nivel 3 | 8.15 | 2.75 | 0.0042 | h/655 | 0.0015 | h/1834 |
| | Nivel 2 | 5.4 | 2.75 | 0.0044 | h/625 | 0.0016 | h/1719 |
| | Nivel 1 | 2.65 | 2.65 | 0.0029 | h/914 | 0.0013 | h/2039 |
| C - 21 | Nivel 4 | 10.95 | 2.75 | 0.0034 | h/809 | 0.0015 | h/1834 |
| | Nivel 3 | 8.2 | 2.75 | 0.0042 | h/655 | 0.0019 | h/1448 |
| | Nivel 2 | 5.45 | 2.8 | 0.0044 | h/637 | 0.0021 | h/1334 |
| | Nivel 1 | 2.65 | 2.65 | 0.0029 | h/914 | 0.0016 | h/1657 |
| C - 22 | Nivel 4 | 10.9 | 2.75 | 0.0034 | h/809 | 0.0023 | h/1196 |
| | Nivel 3 | 8.15 | 2.75 | 0.0042 | h/655 | 0.0029 | h/949 |
| | Nivel 2 | 5.4 | 2.75 | 0.0044 | h/625 | 0.0031 | h/888 |
| | Nivel 1 | 2.65 | 2.65 | 0.0029 | h/914 | 0.0024 | h/1105 |

Fuente: Software Cypecad

3.1.1. Espectro de diseño

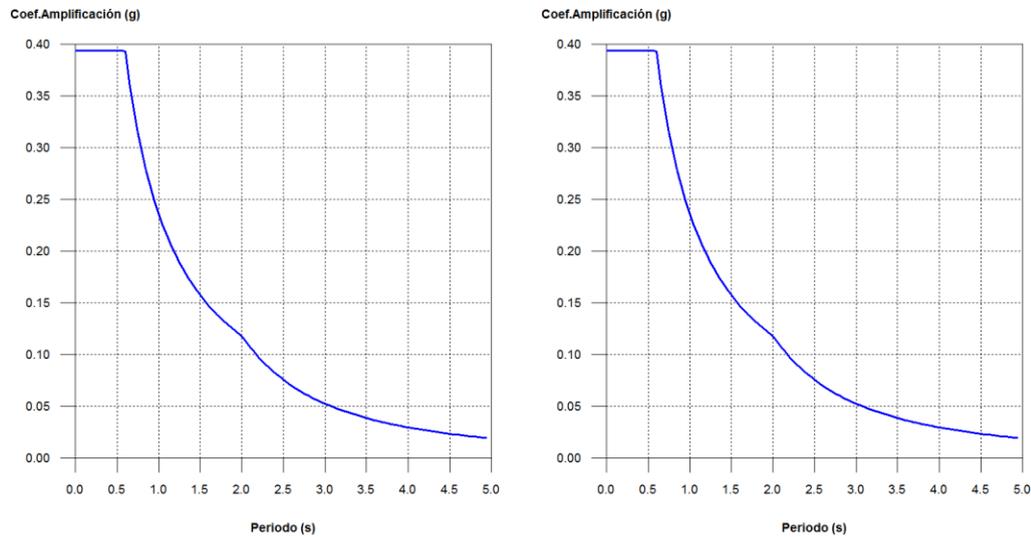


Figura 29. Izquierda: Espectro de diseño dirección “X”, derecha: Espectro de diseño dirección “Y” - Software Cypecad.

Coeficientes de participación

En la Tabla 27 “se muestra los coeficientes y porcentajes de participación, en donde, T es el periodo de vibración, L_x y L_y son los coeficientes de participación normalizados en cada dirección de análisis, L_{qz} es el coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional, M_x y M_y son los porcentajes de masa desplazada por cada modo en cada dirección de análisis, R la relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad, A es la aceleración de cálculo y D es el coeficiente del modo que equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico”.

Tabla 16. *Coeficientes de participación de masas y periodo fundamental de vibración*

| Modo | T | L_x | L_y | L_{qz} | M_x | M_y | Hipótesis X(1) | Hipótesis Y(1) |
|--------------|--------|--------|--------|----------|---------------|---------------|--------------------------|--------------------------|
| Modo 1 | 0.1970 | 0.1841 | 0.1586 | 0.9700 | 29.20% | 21.67% | R=3 | R=3 |
| | | | | | | | A=3.863 m/s ² | A=3.863 m/s ² |
| Modo 2 | 0.1360 | 0.5165 | 0.4703 | 0.7156 | 43.81% | 36.31% | D=3.78679 mm | D=3.78679 |
| | | | | | | | R=3 | R=3 |
| Modo 3 | 0.0910 | 0.0687 | 0.1218 | 0.9902 | 7.77% | 24.45% | A=3.863 m/s ² | A=3.863 m/s ² |
| | | | | | | | D=1.80502 mm | D=1.80502 mm |
| Modo 4 | 0.0710 | 0.1808 | 0.7131 | 0.6774 | 0.28% | 4.40% | R=3 | R=3 |
| | | | | | | | A=3.863 m/s ² | A=3.863 m/s ² |
| Modo 5 | 0.0650 | 0.2664 | 0.1020 | 0.9585 | 6.32% | 0.93% | D=0.49031 | D=0.49031 |
| | | | | | | | R=3 | R=3 |
| Modo 6 | 0.0490 | 0.1805 | 0.1998 | 0.9631 | 0.94% | 1.15% | A=3.863 m/s ² | A=3.863 m/s ² |
| | | | | | | | D=0.41018 | D=0.41018 |
| Modo 7 | 0.0430 | 0.5058 | 0.4397 | 0.7422 | 6.34% | 4.79% | R=3 | R=3 |
| | | | | | | | A=3.863 m/s ² | A=3.863 m/s ² |
| | | | | | | | D=0.23845 mm | D=0.23845 mm |
| | | | | | | | R=3 | R=3 |
| | | | | | | | A=3.863 m/s ² | A=3.863 m/s ² |
| | | | | | | | D=0.18319 mm | D=0.18319 mm |
| TOTAL | | | | | 94.66% | 93.70% | | |

Fuente: Software Cypecad

Centros de masa, rigidez y excentricidad

Tabla 17. Centros de masa, centro de rigidez y excentricidades de cada planta.

| Planta | c.d.m. (m) | c.d.r. (m) | ex (m) | ey (m) |
|----------|--------------|---------------|--------|--------|
| Planta 5 | (4.69, 7.14) | (4.15, 7.41) | 0.55 | -0.26 |
| Planta 4 | (6.99, 9.53) | (7.55, 10.66) | -0.55 | -1.13 |
| Planta 3 | (7.06, 9.69) | (7.80, 11.13) | -0.74 | -1.44 |
| Planta 2 | (7.06, 9.67) | (7.80, 11.13) | -0.73 | -1.46 |
| Planta 1 | (7.12, 9.68) | (7.82, 10.98) | -0.7 | -1.3 |

Fuente: Software Cypecad

Cortante Basal

“La cortante basal dinámico (V_{dx}), por dirección e hipótesis sísmica, se obtiene mediante la combinación cuadrática completa (CQC) de los cortantes en la base por hipótesis modal” (Software Cypecad).

Tabla 18. Cortante dinámico CQC

| Hipótesis modal | Sismo X-X | | Sismo Y-Y | |
|-----------------|------------|---------------|------------|---------------|
| | V_x (Tn) | V_{dx} (Tn) | V_y (Tn) | V_{dy} (Tn) |
| Modo 1 | 56.1604 | | 41.6934 | |
| Modo 2 | 84.2416 | | 69.8461 | |
| Modo 3 | 14.9495 | | 47.0384 | |
| Modo 4 | 0.5446 | | 8.4683 | |
| Modo 5 | 12.1514 | | 1.7821 | |
| Modo 6 | 1.8015 | | 2.2078 | |
| Modo 7 | 12.199 | 108.2232 | 9.2192 | 100.1951 |

Fuente: Software Cypecad

| Dirección X | |
|--|-------------|
| Cortante sísmico en la base (V_{sx}) | 194.0027 Tn |
| Aceleración espectral horizontal de diseño (X) -- $S_d X(T_a)$ | 0.394 g |
| Periodo fundamental aproximado ($T_a X$) | 0.19 seg. |
| Altura del edificio (h) | 11.50 m |
| Dirección Y | |
| Cortante sísmico en la base (V_{sy}) | 194.0027 Tn |
| Aceleración espectral horizontal de diseño (Y) -- $S_d Y(T_a)$ | 0.394 g |
| Periodo fundamental aproximado ($T_a Y$) | 0.19 seg. |
| Altura del edificio (h) | 11.50 m |

Figura 30. Cortante basal estático.

Fuente: Software Cypecad

Tabla 19. *Peso sísmico de la estructura*

| Planta | Pi (Tn) |
|------------------------------|-----------------|
| Nivel 5 | 7.4864 |
| Nivel 4 | 98.6711 |
| Nivel 3 | 128.9223 |
| Nivel 2 | 128.7547 |
| Nivel 1 | 128.8707 |
| P=\sumPi | 492.7052 |

Fuente: *Software Cypecad*

Cortante sísmico combinado

Tabla 20. *“Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta”*

| Planta | Sismo X - X | | | | Sismo Y - Y | | | |
|---------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------------|
| | Qx (Tn) | Feq X (Tn) | Qy (Tn) | Feq Y (Tn) | Qx (Tn) | Feq X (Tn) | Qy (Tn) | Feq Y (Tn) |
| Planta 5 | 4.9318 | 4.9318 | 4.4449 | 4.4449 | 3.8012 | 3.8012 | 6.1699 | 6.1699 |
| Planta 4 | 40.6565 | 36.7796 | 36.0246 | 32.5704 | 36.6878 | 33.756 | 35.8264 | 31.8312 |
| Planta 3 | 74.6371 | 36.0069 | 67.7163 | 32.5019 | 68.8876 | 33.2751 | 67.1228 | 33.0043 |
| Planta 2 | 97.1214 | 27.845 | 88.7651 | 25.1015 | 89.7381 | 24.4884 | 88.887 | 25.1303 |
| Planta 1 | 108.2232 | 15.4229 | 99.7516 | 14.7254 | 99.7517 | 13.1997 | 100.1951 | 14.2998 |

Fuente: *Software Cypecad*

Tabla 21. *“Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte y por planta”*

| Planta | Sismo X - X | | | | Sismo Y - Y | | | |
|---------------|--------------------|-------------|----------------|-------------|--------------------|-------------|----------------|-------------|
| | %Qx | | %Qy | | %Qx | | %Qy | |
| | Pilares | Muro | Pilares | Muro | Pilares | Muro | Pilares | Muro |
| Planta 5 | 51.70 | 48.30 | 100.00 | 0.00 | 52.34 | 47.66 | 100.00 | 0.00 |
| Planta 4 | 22.96 | 77.04 | 31.91 | 68.09 | 22.75 | 77.25 | 27.68 | 72.32 |
| Planta 3 | 26.72 | 73.28 | 32.11 | 67.89 | 26.06 | 73.94 | 28.74 | 71.26 |
| Planta 2 | 25.80 | 74.20 | 29.13 | 70.87 | 25.04 | 74.96 | 25.87 | 74.13 |
| Planta 1 | 22.56 | 77.44 | 31.77 | 68.23 | 22.13 | 77.87 | 28.26 | 71.74 |

Fuente: *Software Cypecad*

IV. DISCUSIÓN

Generalidades

En el proceso del presente estudio, el agregado fino, agregado grueso y ceniza de carbón fueron ensayados en laboratorio.

Agregados

Tanto la arena gruesa como la piedra triturada que se utilizó son de la cantera “Jicamarca”, en la curva granulométrica (ver Anexo B-10 y B-11) ambos se ubican dentro de los parámetros mínimos y máximos que recomienda la Norma Técnica Peruana 400.012. y 400.037. respectivamente.

Ceniza de Carbón

La ceniza de carbón utilizada es una mezcla entre el carbón mineral y vegetal, materia prima obtenida de las pollerías de la Capital. Es vital que este material cumpla con los requisitos mínimos y máximos que indica la Norma ASTM C-618.03 en cuanto al contenido químico.

Los resultados que se obtuvieron del ensayo (ver Anexo B-15) muestran que la suma de Dióxido de silicio, óxido de aluminio y óxido de hierro alcanza un 76.28% que supera el 70% mínimo indicado en la Norma ASTM, de igual forma el contenido de azufre (1.71%) y agua (1.21%) no superan el máximo permitido por la norma que son 4% y 3% respectivamente.

Propiedades del concreto

En estado fresco

Revenimiento

El asentamiento utilizado en el diseño es de 4” (Ver diseño de mezcla método ACI – en el numeral 2.8.2.), para evaluar la trabajabilidad de la mezcla se efectuó el ensayo de asentamiento en el Cono de Abrams, estos resultados finalmente se indican en la Tabla 35.

Figura 32. Porcentaje de resistencia del concreto en días determinados

Fuente: Elaboración propia.

Para el que:

$f'_c(j)$: Es la resistencia a compresión a una edad igual a j días”.

$f'_c(28)$: Es la resistencia a compresión a una edad de 28 días”.

“S: Es un coeficiente, el cual depende del cemento, los valores que puede adoptar son los que sigue”:

“0.20 para cementos de endurecimiento rápido y de alta resistencia”

“0.25 para cementos de endurecimiento normal o rápido”

“0.38 para cementos de endurecimiento lento”.

Con respecto a esta propiedad del concreto, se presente la siguiente gráfica de interpretación de la evolución de su resistencia a compresión.

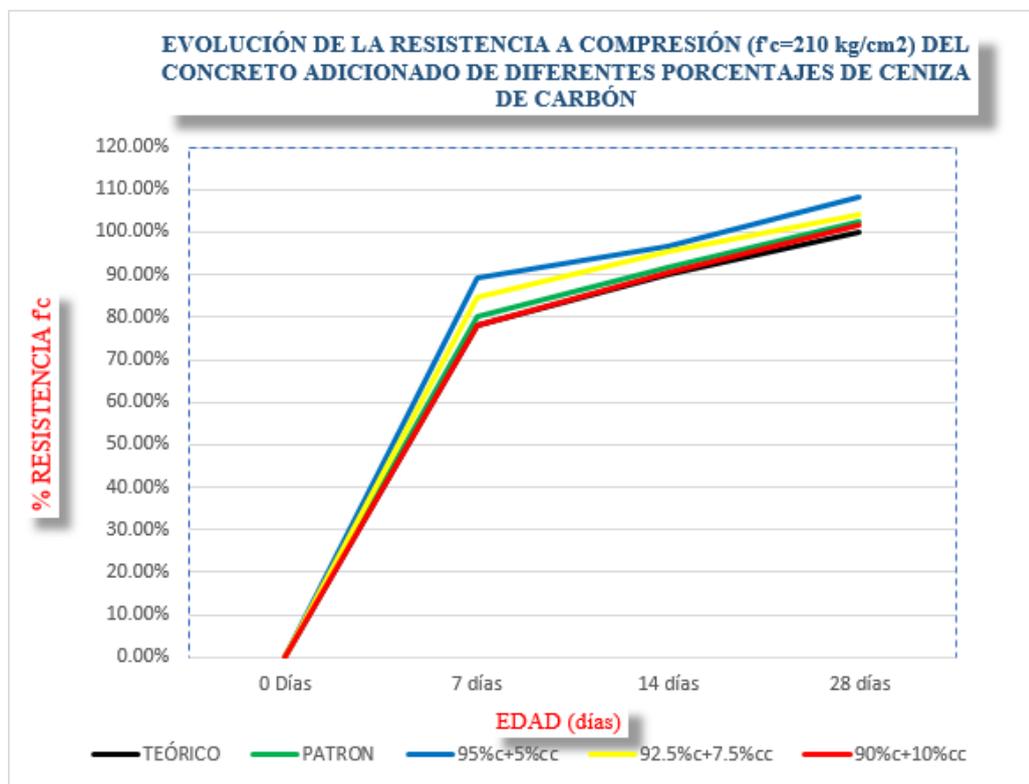


Figura 33. Evolución de resistencia a compresión del concreto adicionado con diferentes porcentajes de ceniza de carbón

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede visualizar en la gráfica los porcentajes de sustitución de cemento por ceniza conllevan a concretos con una evolución de resistencia por encima del concreto patrón, el 95%C+5%CC es muy favorable, sin embargo, como el principal problema que trata esta investigación es reducir el uso del cemento, se tomó 90%C+10%CC para todos los cálculos en el diseño estructural de la vivienda multifamiliar de 4 niveles.

Análisis sísmico dinámico modal espectral

Control de derivas de entrepiso

La Norma Técnica Peruana proporciona el desplazamiento máximo relativo de entrepiso el cual no debe exceder la división de la altura de entrepiso al cual se denomina DISTORSIÓN mostrado en la figura siguiente:

| LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO | |
|---|---|
| Material Predominante | (Δ_i / h_{ei}) |
| Concreto Armado | 0,007 |
| Acero | 0,010 |
| Albañilería | 0,005 |
| Madera | 0,010 |
| Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada | 0,005 |

Figura 34. Límites de distorsión

Fuente: N.T.P. E-030

La presente investigación contiene la propuesta de diseño en sistema estructural de albañilería confinada por lo que la deriva máxima debe ser menor o igual a 0.005 m.

Los resultados que se muestran en las tablas 25, 26 y 27 posterior al análisis sísmico dinámico demuestran que se cumple con las distorsiones máximas.

Masas participativas

Para determinar la cantidad de modos de vibración de la estructura se tomó en cuenta lo recomendado por la N.T.P. E-030, se debe cumplir que “En cada dirección se considerarán aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la

masa total, pero deberá tomar en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección del análisis” (NTP E-030, Diseño sismorresistente).

En los resultados que muestra la tabla 28 se utiliza 7 modos de vibración ya que la suma de sus masas participativas alcanza 94.66% y 93.70% en las direcciones X e y respectivamente por lo que se cumple la condición que menciona la norma nacional.

Cortante Basal

En el análisis dinámico modal espectral se toma en cuenta la fuerza cortante mínima para estructuras regulares el cual se indica en la norma peruana que “la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80% del valor calculado” en el análisis estático, para estructuras irregulares no debe ser menor que el 90%.

De la tabla 31 se obtiene la cortante igual a 194.0027 T_n para cada dirección, por lo que:

$$0.8 * 194.0027 T_n = 155.2022 T_n.$$

De la tabla 33, para la primera planta se tiene que la cortante es 108.2223 T_n en “x” y 100.1951 T_n en “y” los cuales no cumplen con la condición dada. Para estos casos, cuando el valor del cortante dinámico total en la base (V_d), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 80% de cortante basal sísmico estático (V_s), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación: $0.8 * V_s / V_d$ (ver tabla 37).

| Hipótesis sísmica | Condición de cortante basal mínimo | Factor de modificación |
|-------------------|---|------------------------|
| Sismo X1 | $V_{d, x1} \geq 0.80 * V_{s,x}$ 108.2232 $T_n \geq 155.2021 T_n$ | 1.43 |
| Sismo Y1 | $V_{d,y1} \geq 0.80 * V_{s,y}$ 100.1951 $T_n \geq 155.2021 T_n$ | 1.55 |

Figura 35. Verificación de la condición de cortante basal

Fuente: Software Cypeca

V. CONCLUSIONES

- Al incorporar proporciones de ceniza de carbón como sustituto parcial del cemento en cantidades del 0%, 5%, 7.5% y 10% con respecto al peso del cemento se obtuvo una mejora con respecto a sus propiedades mecánicas, en consecuencia, se obtuvo un buen comportamiento estructural en el diseño sismorresistente de una vivienda multifamiliar de 4 niveles en sistema estructural de albañilería confinada.
- El agregado grueso presenta un tamaño máximo nominal de 1" y la curva granulométrica se encuentra entre los límites mínimos y máximos permitidos según N.T.P. 400.037; además posee un peso específico de 2.82gr/cm³ y porcentaje de absorción del 1.015%.
- El agregado fino presenta un módulo de fineza de 3.28 y su curva granulométrica también cumple con los límites mínimos y máximo permitidos por la N.T.P. 400.012; asimismo su peso específico es de 2.38 gr/cm³ y posee un porcentaje de absorción del 0.723%.
- La ceniza de carbón en 76.28% se compone de dióxido de silicio, óxido de aluminio y óxido de hierro, 1.71% de trióxido de azufre y 1.21% de humedad (H₂O) y el resto 20.8% son oxido de calcio, oxido de magnesio, oxido de manganeso III, óxido potásico, ion sulfato y oxido de fosforo II. Debido a que los tres porcentajes cumplen con los requisitos de cenizas clase N que brinda el ASTM C-618 es aplicable al concreto.
- Las propiedades mecánicas del concreto con 95%C+5%CC son de 0.00% de disminución de trabajabilidad en su estado fresco y alcanza resistencias promedias del 187.00 kg/cm², 203.00 kg/cm² y 227.00 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días respectivamente en su estado endurecido.
- Las propiedades mecánicas del concreto con 92.5%C+7.5%CC son de 2.50% de disminución de trabajabilidad en su estado fresco y alcanza resistencias promedias del 178.00 kg/cm², 200.00 kg/cm² y 219.00 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días respectivamente en su estado endurecido.

- Las propiedades mecánicas del concreto con 90%C+10%CC son de 17.50% de disminución de trabajabilidad en su estado fresco y alcanza resistencias promedias del 164.00 kg/cm², 190.00 kg/cm² y 213.00 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días respectivamente en su estado endurecido. Por lo que en esta investigación se utilizó este concreto ya que se busca reemplazar la cantidad máxima de cemento.
- En el análisis dinámico modal espectral realizado a la estructura de la vivienda multifamiliar de 4 niveles en albañilería confinada se determinó que la distorsión máxima de todos los entresijos en la estructura es de 0.005m.
- Los factores de modificación de cortante para cumplir la fuerza cortante mínima que indica la N.T.P. E-030 es de 1.43 y 1.55 para sismo “x” y sismo “y” respectivamente, los mismos que fueron aplicados como multiplicador de todas las respuestas dinámicas de la estructura.

VI. RECOMENDACIONES

- En cuanto a la aplicación del concreto con incorporación de ceniza de carbón se recomienda reemplazar el 10% del peso del cemento portland tipo I teniendo en cuenta la disminución de la trabajabilidad, es bajo el porcentaje de reducción por el que es factible realizar una corrección en la relación A/C al realizar el diseño de mezcla.
- Antes de aplicar las cenizas al concreto, el material tiene que ser analizado en un laboratorio para determinar su contenido químico y analizar si cumple los requerimientos mínimos y máximos que indica la Norma ASTM C-618, se debe entender de que cada ceniza contiene distintos porcentajes químicos.
- Se recomienda utilizar estas cenizas que pasen como máximo el Tamiz #50.
- “Todos los muros del primer nivel deberán llevar refuerzo horizontal, estas deberán ir anclado a las columnas de confinamiento”.
- Se recomienda realizar estudios sobre la aplicación de ceniza de carbón para morteros, al necesitar este material una resistencia a la compresión menor a la del estudio se podría aprovechar mejor el reemplazo del cemento en porcentajes mayores.

VII. REFERENCIAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aizpurua, L., Moreno, G., y Caballero, K. (2018). *Estudio del concreto de alta resistencia con el uso de cenizas de materiales orgánicos y polímeros*. (Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil). Recuperado de: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.48963BED&lang=es&site=eds-live>
- Bono, R. *Diseños cuasi-experimentales y longitudinales*. Recuperado de <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/30783/1/D.%20cuasi%20y%20longitudinales.pdf>
- Camargo, N. e Higuera, C. (2017). *Concreto Hidráulico Modificado Con Sílice Obtenida De La Cascarilla Del Arroz*. Ciencia e Ingeniería Neogranadina. (Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil). Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsdoj&AN=edsdoj.3a0356b5527a44979db4220bd00ba737&lang=es&site=eds-live>
- Cazau, P. (2006). *Introducción a la Investigación en Ciencias Sociales*. (3ª ed.). Buenos Aires.
- Canul, J. A., Moreno, E. I., & Mendoza-Rangel, J. M. (2016). *Fly ash effect on mechanical properties of concretes made with high absorbent crushed limeston aggregates / Efeito de cinzas volantes nas propriedades mecânicas de concreto feitos com agregado calcário moído de alta absorção / Efecto de la ceniza volante en las propiedades mecánicas de concretos hechos con agregado calizo triturado de alta absorción*. Revista ALCONPAT, (3), 235.
Recuperado de: <https://doi.org/10.21041/ra.v6i3.150>
- Chipia, J. F. (2012). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. [Diapositivas]. Colombia: Universidad de los Andes.
- CONCRETips: Albañilería confinada. (23 de octubre del 2019). Concremax. Recuperado de <http://www.concremax.com.pe/noticia/concretips-albanileria-confinada>
- Cypecad: Cálculo de derivas/distorsiones en cypecad. (25 de octubre del 2019). CYPE Ingenieros. Recuperado de: http://www.cype.net/pdfs/Justificacion_calculo_DERIVAS.pdf

- Cype Ingenieros. *Memoria de cálculo*. Alicante: Cype Ingenieros S.A.C. Recuperado de: https://www.academia.edu/38292587/CYPECAD_-_Memoria_de_C%C3%A1lculo
- Das, B. (2013). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. (4ª ed.). México, D.F.: Cengage Learnig.
- Das, B. (2013). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. (7ª ed.). México, D.F.: Cengage Learnig.
- Gonzalez, A. D. Tipos, Niveles y Diseños de investigación. [Diapositivas]. Perú: Universidad Privada San Pedro.
- Iglesias, F. A., y Yupanqui, R. E. (2016). *Utilización De La Ceniza De Cáscara De Arroz Del Valle De Majes Como Adición Al Cemento Para La Elaboración De Concreto Con Resistencias 140 Kg/Cm2, 175 Kg/Cm2, 210 Kg/Cm2, 280 Kg/Cm2 Y 350 Kg/Cm2 en La Ciudad De Arequipa*. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil). Recuperado de: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.A08503D9&lang=es&site=eds-live>
- Jiménez, R. (1998). *Metodología de la Investigación. Elementos básicos para la investigación clínica*. La Habana: Editorial Ciencias Médicas.
- Ladrillos Sílico Calcáreos. (23 de octubre de 2019). LACASA. Recuperado de http://www.lacasa.com.pe/ladrillos_silico_calcareos.html
- Lencinas, F. C., e Incahuanaco, B. I. (2017). *Evaluación de mezclas de concreto con adiciones de ceniza de paja de trigo como sustituto en porcentaje del cemento Portland Puzolánico IP en la zona Altiplánica*. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil). Recuperado de: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.97E0FD95&lang=es&site=eds-live>
- Mansaneira, E. C., Schwantes-Cezario, N., Barreto-Sandoval, G. F., & Martins-Toralles, B. (2017). *Sugar cane bagasse ash as a pozzolanic material / Ceniza de bagazo de caña de azúcar como material puzolánico*. DYNA, (201), 163. Recuperado de: <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n201.61409>
- Minam (2012). Inventario nacional de gases de efecto invernadero. (03 de diciembre del 2019). MINAM.GOB.PE. Recuperado de: http://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/2010_2000.pdf

- Monje, C. A. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa, Guía didáctica*. Recuperado de <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>
- Morteros para albañilería, definiciones y clasificación. (02 de septiembre de 2018). ConcretOnline. Recuperado de <https://www.concretonline.com/morteros-revoques/morteros-para-albanileria-definiciones-y-clasificacion>
- Módulos de Elasticidad en kg/cm². [Fecha de consulta: 08 de noviembre del 2019]. Universitat Politècnica de Valencia. Recuperado de <http://www.euita.upv.es/dira/Imagenes/files/Const/elast.pdf>
- Morrison, N. Modulo de Balasto y Presiones admisibles. (17 de noviembre del 2019). CALAMEÓ. Recuperado de: <https://es.calameo.com/books/0027786214f9f5fefd21c>
- Paccha, C. A. (2019). Tipología de la investigación. [Diapositivas]. Perú: Universidad César Vallejo.
- Patiño, O., & Méndez, R. (1). *Control de calidad del concreto (Normas, pruebas y cartas de Control)*. I+D Tecnológico, 4(1), 59-64. Recuperado de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/134>
- Quispe, Y. W. (2018). *Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de cascara de arroz en la Zona Altiplánica*. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil).
Recuperado de: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.44270B44&lang=es&site=eds-live>
- Rivera, G. A. *Resistencia del concreto*. En G. A. Rivera. Autor. Recuperado de ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Geotecnia/profesor_gerardo_rivera/FIC%20y%20GEOTEC%20SEM%20de%202009/Tecnolog%EDa%20del%200Concreto%20PDF%20ver.%20202009/Cap.%2006%20Resistencia.pdf
- Rodríguez, A. y Pérez, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela De Administración De Negocios*, 82, pp. 179-200. Recuperado de <https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>
- Ruiz, A. (07 de febrero del 2007). *Quemar carbón, quemar madera. Madrid+d*.
Recuperado de <http://www.madrimasd.org/blogs/medioambiente/2007/02/07/58795>

- San Bartolomé, A. (2006). *Ejemplo de aplicación de la norma E.070 en el diseño de un edificio de albañilería confinada*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- San Bartolomé, A. (1994). *Construcciones de Albañilería – Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. ISBN: 84-83909650.
- Segura, A. M. (2003). *Diseños cuasiexperimentales*. Recuperado de http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/renacip/disenos_cuasiexperimentales.pdf
- Silva, Y. y Delvasto, S. (2018). *Concreto autocompactante con materiales cementicios suplementarios de Colombia*. Recuperado de: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsoai&AN=edsoai.on1043548576&lang=es&site=eds-live>
- Sika Perú S.A.C. (2017). Hoja técnica. SikaMur-100 Mortero Listo. Recuperado de www.sika.com.pe
- Smith, K.R. (s.f.). *El uso doméstico de leña en los países en desarrollo y sus repercusiones en la salud*. **FAO**. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a0789s/a0789s09.htm>
- Tamayo, C. y Silva, I. Técnicas e instrumentos de recolección de datos [Diapositivas]. Perú: Universidad Católica los Ángeles de Chimbote.
- UIC FCM UNAH (2013). Métodos y Técnicas de recolección de la información. [Diapositivas]. Honduras: Universidad Nacional Autónoma de Honduras.
- UNACEM. Ficha técnica: Cemento Andino premium. (octubre 2019). *Unión Andina de Cementos*. Recuperado de <https://www.unacem.com.pe/wp-content/uploads/2012/03/Ficha-Andino-Premium.pdf>
- UNI – CISMID. (2011). Convenio específico de cooperación interinstitucional entre el ministerio de vivienda, construcción y saneamiento y la Universidad Nacional de Ingeniería “Estudio de microzonificación sísmica y vulnerabilidad en la ciudad de Lima”. Recuperado de http://eudora.vivienda.gob.pe/OBSERVATORIO/Documentos/EstudiosyAsistencia/Estudios/MicrozonificacionSismicaLima/sjl/APENDICE_B_MICROZONIFICACION_SISMICA_sjl.pdf
- Valcuende, M. *et al.* Evolución de la resistencia del hormigón con la edad y temperatura. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12793/Evoluci%C3%B3n%20resistencia%20hormig%C3%B3n.pdf>

- Vargas, Z. R. (2009). La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 33(1). [Fecha de consulta 23 de octubre de 2019]. ISSN: 0379-7082. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=440/44015082010>
- Villarreal, G. Predimensionamiento y cálculo de esfuerzo axial en muros de albañilería confinada. [Diapositivas]. Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Watts, J. (04 de marzo del 2019). *Cemento: El material más destructivo de la tierra. Eldiario.es*. Recuperado de: https://www.eldiario.es/theguardian/Cemento-material-destructivo-Tierra_0_872463647.html
- Wogrin, A. (1974). *El control estadístico de la calidad en la técnica del hormigón*. Recuperado de <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/download/1319/1448>

VIII. ANEXOS

ANEXO A

Matriz de consistencia.

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES | DIMENSIONES | METODOLOGÍA | |
|--|--|--|---|---|---|--|
| <p><u>Problema general:</u> ¿En qué medida favorece la incorporación de ceniza de carbón al concreto en el diseño estructural de una vivienda multifamiliar de 4 niveles, Canto Grande, San Juan De Lurigancho, 2019?</p> | <p><u>Objetivo general:</u> Incorporar proporciones de ceniza de carbón a la mezcla de concreto para emplearlo en el diseño estructural de una vivienda multifamiliar de 4 niveles, Canto Grande, San Juan De Lurigancho, 2019.</p> | <p><u>Hipótesis general:</u> La incorporación de ceniza de carbón a la mezcla de concreto mejorará sus propiedades mecánicas y comportamiento estructural en el diseño sismorresistente de una vivienda multifamiliar de 4 niveles, Canto Grande, San Juan De Lurigancho, 2019.</p> | <p><u>V.I</u> Incorporación de ceniza de carbón al concreto</p> | <p>Características Técnicas</p> | <p><u>Tipo de investigación:</u> Experimental</p> | |
| <p><u>Problemas específicos:</u> ¿Cuáles son las características técnicas de los materiales que componen la mezcla de concreto con incorporación de ceniza de carbón?</p> | <p><u>Objetivos específicos:</u> Definir las características técnicas de los materiales que componen la mezcla de concreto con incorporación de ceniza de carbón.</p> | <p><u>Hipótesis específicas:</u> Las características técnicas de los materiales que componen la mezcla de concreto con incorporación de ceniza de carbón, sí cumplen con lo especificado en la Norma Técnica Peruana.</p> | | <p>Dosificación</p> | <p><u>Método de investigación:</u> Método: Deductivo, ya que analizamos el lugar, las condiciones, Orientación: Aplicada Enfoque: Cuantitativo</p> | |
| <p>¿Cuáles son las propiedades mecánicas del concreto con incorporaciones del 5%, 7,5% y 10% de ceniza de carbón como sustituto parcial del cemento?</p> | <p>Determinar las propiedades mecánicas del concreto con incorporaciones del 5%, 7,5% y 10% de ceniza de carbón como sustituto parcial del cemento.</p> | <p>Las propiedades mecánicas del concreto con incorporaciones del 5%, 7,5% y 10% de ceniza de carbón como sustituto parcial del cemento son mayores en comparación del concreto convencional de 210 kg/cm².</p> | | <p><u>V.D</u></p> | <p>Propiedades Mecánicas</p> | <p><u>Diseño de investigación:</u> Cuasi-Experimental</p> |
| <p>¿Cómo es el comportamiento estructural del concreto con incorporación de ceniza de carbón en el diseño sismorresistente de una vivienda multifamiliar de 4 niveles?</p> | <p>Realizar el análisis sísmico dinámico modal espectral de una vivienda multifamiliar de 4 niveles en albañilería confinada para evaluar el comportamiento estructural del concreto con incorporación de ceniza de carbón.</p> | <p>El comportamiento estructural del concreto con incorporación de ceniza de carbón sí cumple con los requisitos mínimos y verificaciones para el diseño estructural sismorresistente especificadas en la Norma Técnica Peruana.</p> | | <p>Diseño estructural de una vivienda multifamiliar de 4 niveles</p> | <p>Trabajos previos de Ingeniería</p> | <p><u>Nivel de investigación:</u> Relacional</p> |
| | | | | <p>Predimensionamiento</p> | <p><u>Instrumento:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fichas de recolección de datos - Ensayo de materiales | |
| | | | | <p>Análisis sísmico dinámico modal espectral</p> | | |

ANEXO B

Ensayo de características físicas – muestra M-1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Tigar Amaro N° 1150, Lima 25, Perú - Telf: (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo labgeotec@uni.edu.pe - Página http://www.cismid-uni.org

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

(ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

| | | | |
|-----------------|--|-------|--------------|
| Informe | : LG11-122 | Fecha | : Mayo, 2011 |
| Solicitante | : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO | | |
| Proyecto | : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la ciudad de Lima | | |
| Ubicación | : Dist. San Juan de Lurigancho, Prov. y Dpto. Lima | | |
| Sondaje | : C - 08 | Hoja | : 1 de 1 |
| Muestra | : M - 1 | | |
| Profundidad (m) | : 0.75 - 1.50 | | |

| Granulometría por tamizado | | |
|----------------------------|---------------|-------------------------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | Acum. q ^a Pasa (%) |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 100.0 |
| 1½" | 38.100 | 100.0 |
| 1" | 25.400 | 100.0 |
| ¾" | 19.050 | 95.8 |
| 3/8" | 9.525 | 92.1 |
| Nº 4 | 4.750 | 77.2 |
| Nº 10 | 2.000 | 44.9 |
| Nº 20 | 0.850 | 22.7 |
| Nº 40 | 0.425 | 12.7 |
| Nº 60 | 0.250 | 8.3 |
| Nº 140 | 0.106 | 4.8 |
| Nº 200 | 0.075 | 4.0 |

| Contenido de humedad | | (%) | 0.5 |
|--|----------------------------------|-----|------|
| Límites de consistencia | Límite Líquido | (%) | NP |
| | Límite Plástico | (%) | NP |
| | Índice de Plasticidad | (%) | NP |
| | Límite de Contracción | (%) | --- |
| Resultados de granulometría por tamizado | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | | 9.8 |
| | Coefficiente de Curvatura (Cc) | | 1.4 |
| | Grava [Nº 4 < φ < 3"] | (%) | 22.8 |
| | Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] | (%) | 73.2 |
| | Finos [φ < Nº 200] | (%) | 4.0 |

| Clasificación | |
|-------------------------------------|-----------|
| AASHTO | SUCS |
| A-1a (0) | SW |
| Arena bien gradada con grava | |



DAVID LUNA DURÁN
 INGENIERO CIVIL - CIP. 48968
 TIPO DEL LAB GEOTÉCNICO

Fuente: UNI - CISMID

Ensayo de características físicas - muestra M-2



ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

(ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG11-122 Fecha : Mayo, 2011
Solicitante : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO
Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la ciudad de Lima

Ubicación : Dist. San Juan de Lurigancho, Prov. y Dpto. Lima

Sondaje : C - 08 Hoja : 1 de 1
Muestra : M - 2
Profundidad (m) : 1.50 - 2.40

| Granulometría por tamizado | | |
|----------------------------|---------------|-------------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | Acum. q' Pasa (%) |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 100.0 |
| 1 1/2" | 38.100 | 100.0 |
| 1" | 25.400 | 100.0 |
| 3/4" | 19.050 | 100.0 |
| 3/8" | 9.525 | 100.0 |
| Nº 4 | 4.750 | 99.9 |
| Nº 10 | 2.000 | 96.3 |
| Nº 20 | 0.850 | 84.4 |
| Nº 40 | 0.425 | 71.4 |
| Nº 60 | 0.250 | 59.9 |
| Nº 140 | 0.106 | 41.0 |
| Nº 200 | 0.075 | 37.7 |

| Contenido de humedad | | (%) | 7.8 |
|--|---------------------------------|-----|------|
| Límites de consistencia | Límite Líquido | (%) | 18 |
| | Límite Plástico | (%) | 14 |
| | Índice de Plasticidad | (%) | 4 |
| | Límite de Contracción | (%) | --- |
| Resultados de granulometría por tamizado | Coeficiente de Uniformidad (Cu) | | --- |
| | Coeficiente de Curvatura (Cc) | | --- |
| | Grava [Nº 4 < φ < 3"] | (%) | 0.1 |
| | Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] | (%) | 62.2 |
| | Finos [φ < Nº 200] | (%) | 37.7 |

| Clasificación | |
|----------------|-------------------------------------|
| AASHTO | SUCS |
| A-4 (0) | SC - SM Arena arcillo limosa |



David Luna Duran
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43983
INTEGRANTE DEL LAB GEOTECNICO



Ensayo de características físicas - muestra M-3



ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS
 (ASTM - D4426; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

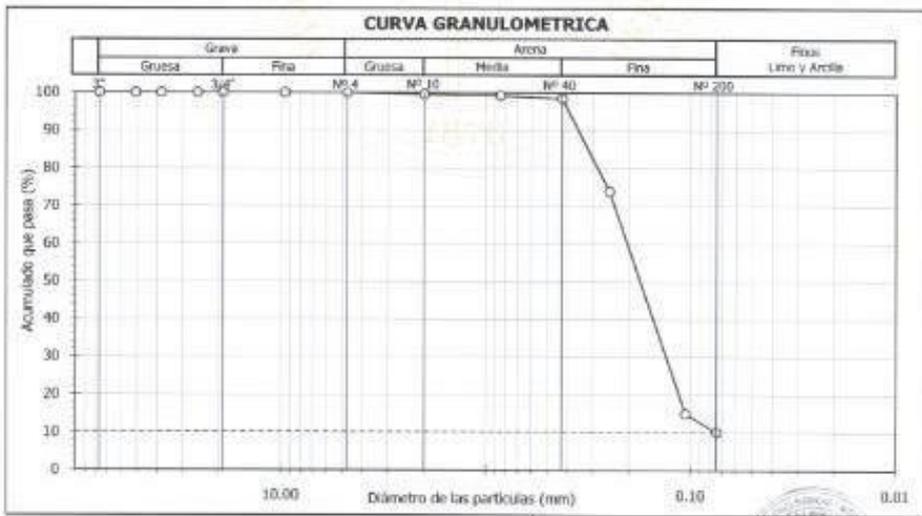
Informe : LGL1-122
 Solicitante : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO
 Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la ciudad de Lima
 Fecha : Mayo, 2011
 Ubicación : Dist. San Juan de Lurigancho, Prov. y Dpto. Lima

Sondeo : C - 08
 Muestra : M - 3
 Profundidad (m) : 2.40 - 3.00
 Hoja : 1 de 1

| Granulometría por tamizado | | |
|----------------------------|---------------|-------------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | Acum. q' Pasa (%) |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 100.0 |
| 1 1/2" | 38.100 | 100.0 |
| 1" | 25.400 | 100.0 |
| 3/4" | 19.050 | 100.0 |
| 3/8" | 9.525 | 100.0 |
| Nº 4 | 4.750 | 100.0 |
| Nº 10 | 2.000 | 99.6 |
| Nº 20 | 0.850 | 99.2 |
| Nº 40 | 0.425 | 98.5 |
| Nº 60 | 0.250 | 73.9 |
| Nº 140 | 0.106 | 15.0 |
| Nº 200 | 0.075 | 10.1 |

| Contenido de humedad (%) | | |
|--|----------------------------------|------|
| | | 1.0 |
| Límites de consistencia | Límite Líquido (%) | NP |
| | Límite Plástico (%) | NP |
| | Índice de Plasticidad (%) | NP |
| | Límite de Contracción (%) | --- |
| Resultados de granulometría por tamizado | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | --- |
| | Coefficiente de Curvatura (Cc) | --- |
| | Grava [Nº 4 < φ < 3"] (%) | 0.0 |
| | Arena [Nº 200 < φ < Nº 4] (%) | 89.9 |
| | Finos [φ < Nº 200] (%) | 10.1 |

Clasificación
 AASHTO : SUCS
A-2-4 (0) SP - SM Arena mal gradada con limo.



David Luna Durán
DAVID LUNA DURÁN
 INGENIERO CIVIL - CIP. 43968
 JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO



Ensayo de corte directo - Esfuerzo normal: 1 kg/cm²



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Tupac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Telf. (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo labgeoc@uni.edu.pe - Página: http://www.cismid-uni.org

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

Informe : LG11-122
Solicitante : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO
Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la ciudad de Lima

Fecha : Mayo, 2011

Ubicación : Dist. San Juan de Lurigancho, Prov. y Dpto. Lima

Sondaje : C - 08
Muestra : M - 2
Prof. (m) : 1.50 - 2.40
Estado : Remoldeado

Velocidad : 0.25 mm/min
AASHTO : A-4 (0)
SUCS : SC - SM / Arena arcillo limosa
Hoja : 1 de 4

ESFUERZO NORMAL : 1 kg/cm²

Datos del espécimen

Diámetro : 6 cm
Altura : 2 cm

Contenido de humedad

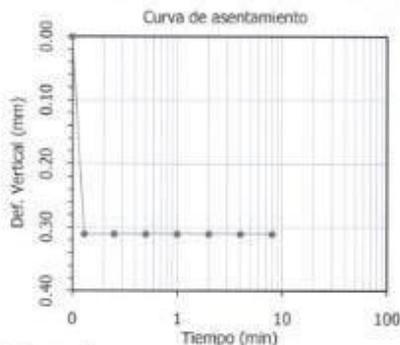
Humedad : 7.8 %

Aplicación del esfuerzo normal

| Tiempo (min) | Deform. Vertical (mm) | Altura (mm) | Densidad seca (g/cm ³) |
|--------------|-----------------------|-------------|------------------------------------|
| 0 | 0.000 | 20.000 | 1.580 |
| 0.13 | 0.310 | 19.690 | 1.605 |
| 0.25 | 0.310 | 19.690 | 1.605 |
| 0.5 | 0.310 | 19.690 | 1.605 |
| 1 | 0.310 | 19.690 | 1.605 |
| 2 | 0.310 | 19.690 | 1.605 |
| 4 | 0.310 | 19.690 | 1.605 |
| 8 | 0.310 | 19.690 | 1.605 |

Aplicación del esfuerzo cortante

| Deformación (%) | | Altura (mm) | Densidad seca (g/cm ³) | Esfuerzo | |
|-----------------|---------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------|
| Horizontal | Vertical (mm) | | | Cortante (kg/cm ²) | Normalizado |
| 0.00 | 0.000 | 19.690 | 1.605 | 0.000 | 0.000 |
| 0.05 | 0.003 | 19.687 | 1.605 | 0.099 | 0.099 |
| 0.10 | 0.010 | 19.680 | 1.606 | 0.188 | 0.188 |
| 0.20 | 0.012 | 19.678 | 1.606 | 0.231 | 0.231 |
| 0.35 | 0.013 | 19.677 | 1.606 | 0.364 | 0.364 |
| 0.50 | 0.015 | 19.675 | 1.606 | 0.446 | 0.446 |
| 0.75 | 0.015 | 19.675 | 1.606 | 0.535 | 0.535 |
| 1.00 | 0.015 | 19.675 | 1.606 | 0.562 | 0.562 |
| 1.25 | 0.015 | 19.675 | 1.606 | 0.595 | 0.595 |
| 1.50 | 0.015 | 19.675 | 1.606 | 0.612 | 0.612 |
| 1.75 | 0.015 | 19.675 | 1.606 | 0.628 | 0.628 |
| 2.00 | 0.015 | 19.675 | 1.606 | 0.661 | 0.661 |
| 2.50 | 0.015 | 19.675 | 1.606 | 0.678 | 0.678 |
| 3.00 | 0.015 | 19.675 | 1.606 | 0.684 | 0.684 |
| 3.50 | 0.015 | 19.675 | 1.606 | 0.694 | 0.694 |
| 4.00 | 0.015 | 19.675 | 1.606 | 0.694 | 0.694 |
| 4.50 | 0.015 | 19.675 | 1.606 | 0.694 | 0.694 |
| 5.00 | 0.015 | 19.675 | 1.606 | 0.694 | 0.694 |
| 6.00 | 0.015 | 19.675 | 1.606 | 0.688 | 0.688 |
| 7.00 | 0.015 | 19.675 | 1.606 | 0.688 | 0.688 |
| 8.00 | 0.015 | 19.675 | 1.606 | 0.681 | 0.681 |
| 9.00 | 0.015 | 19.675 | 1.606 | 0.678 | 0.678 |
| 10.00 | 0.015 | 19.675 | 1.606 | 0.678 | 0.678 |
| 11.00 | 0.015 | 19.675 | 1.606 | 0.671 | 0.671 |
| 12.00 | 0.015 | 19.675 | 1.606 | 0.671 | 0.671 |



Observación :

Humedad = 7.8%, densidad seca = 1.58g/cm³, obtenida del ensayo Peso Volumétrico (Densidad húmeda = 1.70g/cm³).

David Luna Durán
DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43968
I.P.F.F. DEL LAB. GEOTÉCNICO



Fuente: UNI - CISMID

Ensayo de corte directo - Esfuerzo normal: 2 kg/cm²



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru Nº 1150, Lima 25, Perú - Telf: (51-1) 482-0834, 481-0170, 482-0777 - Correo: labgeos@uni.edu.pe - Página: http://www.cismid.uni.org

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO
(ASTM - D3080)

Informe : LG11-122
Solicitante : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO
Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la ciudad de Lima

Fecha : Mayo, 2011

Ubicación : Dist. San Juan de Lurigancho, Prov. y Dpto. Lima

Sondaje : C - 08
Muestra : M - 2
Prof. (m) : 1.50 - 2.40
Estado : Remoldeado

Velocidad : 0.25 mm/min
AASHTO : A-4 (0)
SUCS : SC - SM / Arena arcillo limosa
Hoja : 2 de 4

ESFUERZO NORMAL : 2 kg/cm²

Datos del espécimen

Diámetro : 6 cm
Altura : 2 cm

Contenido de humedad

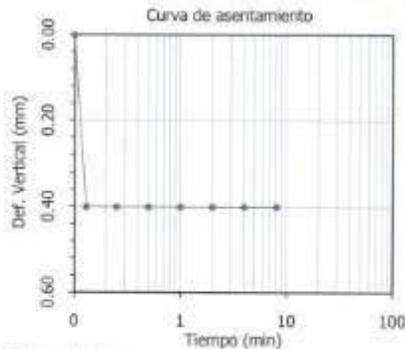
Humedad : 7.8 %

Aplicación del esfuerzo normal

| Tiempo (min) | Deform. Vertical (mm) | Altura (mm) | Densidad seca (g/cm ³) |
|--------------|-----------------------|-------------|------------------------------------|
| 0 | 0.000 | 20.000 | 1.580 |
| 0.13 | 0.400 | 19.600 | 1.612 |
| 0.25 | 0.400 | 19.600 | 1.612 |
| 0.5 | 0.400 | 19.600 | 1.612 |
| 1 | 0.400 | 19.600 | 1.612 |
| 2 | 0.400 | 19.600 | 1.612 |
| 4 | 0.400 | 19.600 | 1.612 |
| 8 | 0.400 | 19.600 | 1.612 |

Aplicación del esfuerzo cortante

| Deformación | | Altura (mm) | Densidad seca (g/cm ³) | Esfuerzo | |
|----------------|---------------|-------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------|
| Horizontal (%) | Vertical (mm) | | | Cortante (kg/cm ²) | Normalizado |
| 0.00 | 0.000 | 19.600 | 1.612 | 0.000 | 0.000 |
| 0.05 | 0.000 | 19.600 | 1.612 | 0.297 | 0.297 |
| 0.10 | 0.000 | 19.600 | 1.612 | 0.397 | 0.397 |
| 0.20 | 0.000 | 19.600 | 1.612 | 0.539 | 0.539 |
| 0.35 | 0.005 | 19.595 | 1.613 | 0.678 | 0.678 |
| 0.50 | 0.005 | 19.595 | 1.613 | 0.760 | 0.760 |
| 0.75 | 0.005 | 19.595 | 1.613 | 0.859 | 0.859 |
| 1.00 | 0.005 | 19.595 | 1.613 | 0.926 | 0.926 |
| 1.25 | 0.005 | 19.595 | 1.613 | 0.965 | 0.965 |
| 1.50 | 0.005 | 19.595 | 1.613 | 1.008 | 1.008 |
| 1.75 | 0.005 | 19.595 | 1.613 | 1.015 | 1.015 |
| 2.00 | 0.005 | 19.595 | 1.613 | 1.058 | 1.058 |
| 2.50 | 0.005 | 19.595 | 1.613 | 1.164 | 1.164 |
| 3.00 | 0.005 | 19.595 | 1.613 | 1.200 | 1.200 |
| 3.50 | 0.005 | 19.595 | 1.613 | 1.240 | 1.240 |
| 4.00 | 0.005 | 19.595 | 1.613 | 1.279 | 1.279 |
| 4.50 | 0.005 | 19.595 | 1.613 | 1.296 | 1.296 |
| 5.00 | 0.005 | 19.595 | 1.613 | 1.296 | 1.296 |
| 6.00 | 0.005 | 19.595 | 1.613 | 1.339 | 1.339 |
| 7.00 | 0.005 | 19.595 | 1.613 | 1.388 | 1.388 |
| 8.00 | 0.005 | 19.595 | 1.613 | 1.405 | 1.405 |
| 9.00 | 0.005 | 19.595 | 1.613 | 1.405 | 1.405 |
| 10.00 | 0.005 | 19.595 | 1.613 | 1.408 | 1.408 |
| 11.00 | 0.005 | 19.595 | 1.613 | 1.408 | 1.408 |
| 12.00 | 0.005 | 19.595 | 1.613 | 1.408 | 1.408 |



Observación :

Humedad = 7.8%, densidad seca = 1.58g/cm³, obtenida del ensayo Peso Volumétrico (Densidad húmeda = 1.70g/cm³).

David Luna Durán
DAVID LUNA DURÁN
INGENIERO CIVIL - OIP. 43988
- TITULAR DEL LAB. GEOTÉCNICO

Gráficos del ensayo de corte directo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Túpac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Telf. (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo labgeoci@uni.edu.pe - Página <http://www.cismid.uni.org>

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO
(ASTM - D3080)

Informe : LG11-122

Fecha : Mayo, 2011

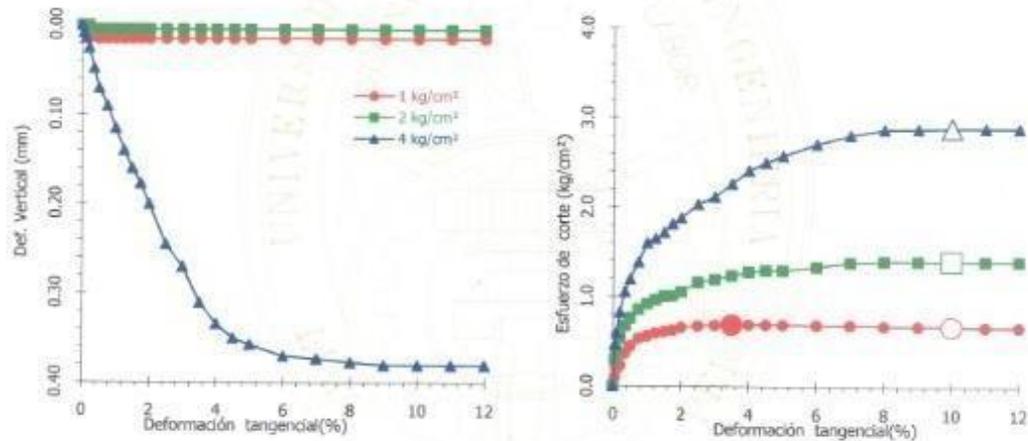
Solicitante : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO

Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la ciudad de Lima

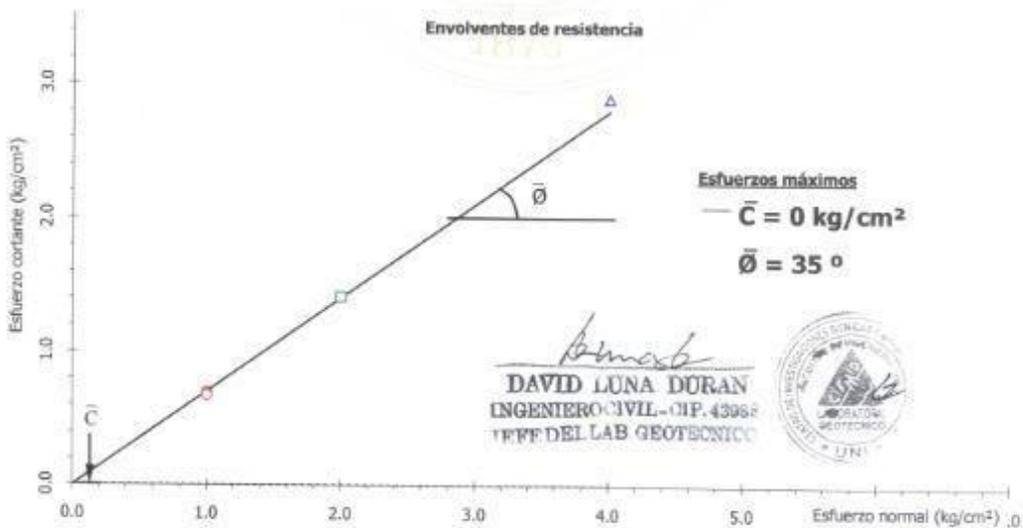
Ubicación : Dist. San Juan de Lurigancho, Prov. y Dpto. Lima

| | | | |
|-----------|-------------|-----------|----------------------------------|
| Sondaje | C - 08 | Velocidad | : 0.25 mm/min |
| Muestra | M - 2 | AASHTO | : A-4 (0) |
| Prof. (m) | 1.50 - 2.40 | SUCS | : SC - SM / Arena arcillo limosa |
| Estado | Remoideado | Hoja | : 4 de 4 |

Aplicación del esfuerzo cortante



Envolturas de resistencia



Fuente: UNI - CISMID

Identificación, clasificación y peso volumétrico del suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES
LABORATORIO GEOTÉCNICO



Av. Tupac Amaru N° 1150, Lima 25, Perú - Telef. (51-1) 482-0804, 481-0170, 482-0777 - Correo: labgeo@uni.edu.pe - Página: <http://www.cismid-uni.org>

ENSAYOS DE LABORATORIO

Informe N° : LG11-122 Fecha : Mayo, 2011
Solicitante : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO
Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la ciudad de Lima
Ubicación : Dist. San Juan de Lurigancho, Prov. y Dpto. Lima Hoja : 1 de 1

Identificación

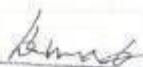
Sondaje : C - 08
Muestra : M - 2
Profundidad (m) : 1.50 - 2.40

Clasificación

AASHTO : A-4 (0)
SUCS : SC - SM (Arena arcillo limosa)

Peso volumétrico

Humedad : 7.8 %
Densidad húmeda : 1.70 g/cm³


DAVID LUNA DURAN
INGENIERO CIVIL - CIP. 43968
CIEFF DEL LAB. GEOTÉCNICO



Fuente: UNI - CISMID

Perfil estratigráfico del suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES SISMICAS
Y MITIGACION DE DESASTRES



REGISTRO DE SONDAJE

Proyecto : Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la ciudad de Lima
Solicitado : MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO
Estudio : Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima
Ubicación : Frente a Ca. Cocaleños 674
Fecha : Abril, 2011

Código : C-08
Prof. Total (m) : 3.00
Nivel Freático : N.A.
Cota Absoluta : -
Operador : A.I.S.J.
Revisado : Ing. D. Veneros

CALICATA : C-08

| Profundidad (m) | Espesor del estrato (m) | Muestra obtenida | Clasificación SUCS | Simbología Gráfica | Resultados de campo | | Descripción | ENSAYO DE PENETRACION | | | | |
|-----------------|-------------------------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|---|-----------------------|----|----|----|----|
| | | | | | H. N. % | D. N. g/cm ³ | | Gráfica de N | | | | |
| | | | | | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| 0.0 | | | | | | | | | | | | |
| 0.75 | - | - | R | | - | - | Relleno arenoso, presencia de bolsas plásticas, ladrillos, restos de concreto, piedras. | | | | | |
| 0.75 | M-1 | SW | SW | | - | - | Arena bien gradada con grava, medianamente suelta, seca, color beige; presencia de gravas aisladas de tamaño máximo de 2.50". Grava: 22.80%, Arena: 73.20%, Finos: 4.00%. | | | | | |
| 0.90 | M-2 | SC-SM | SC-SM | | - | - | Arena arcillo limosa, ligeramente plástica, color marrón oscuro, ligeramente húmeda; presencia aislada de gravillas. Gravas: 0.10%, Arena: 62.20%, Finos: 37.70%. | | | | | |
| 0.60 | M-3 | SP-SM | SP-SM | | - | - | Arena mal gradada con limo, medianamente densa, ligeramente húmeda, color beige verdoso. Grava: 0.00%, Arena: 89.90%, Finos: 10.10%. | | | | | |
| 3.0 | | | | | | | | | | | | |
| 3.5 | | | | | | | | | | | | |

David Luna Durán
DAVID LUNA DURAN
 INGENIERO CIVIL - CIP. 43068
 TITULAR DEL LAB GEOTECNICO



Ensayo de granulometría del agregado fino



CODIGO DE RNP REGISTRADO POR LA ONCE: 5003331, C71038 Y 0029013
**LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO
 SUELOS Y ASFALTO**
 CONTRATISTAS SOCIALES DE INGENIERIA E.I.R.L.
 RUC: 20518429411
 DIRECCION: JR. BARCELONA PZA. D EL LOTE 5 A H. TRABAJADORES DEL HOSPITAL DEL NIÑO
 (ALTIURA DE LA ESTACION RAYONAL LINEA 40) LIMA - LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO



GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO

ASTM C-33

TEMA DE TESIS: INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL CONCRETO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 NIVELES, CANTO GRANDE – S.J.L.

SOLICITANTE: ALFONZO BREÑA, SAUL Y HURTADO QUISPE, DENNIS

CANTERA: JICAMARCA

MUESTRA: M-01

LUGAR: DISTRITO SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA – LIMA

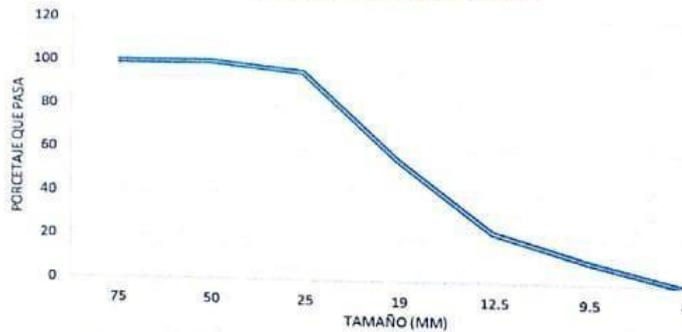
| | |
|---------------------------------------|----------|
| PESO TOTAL DE LA MUESTRA + RECIPIENTE | 3.564 kg |
| PESO RECIPIENTE | 0.200 kg |
| PESO DE MUESTRA | 3.364 kg |

Datos obtenidos en el laboratorio

| TAMIZ | TAMAÑO (mm) | PESO RETENIDO PARCIAL (gr) | % RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%) | PORCENTAJE QUE PASA (%) | LIMITE SUPERIOR (%) | LIMITE INFERIOR (%) |
|-------|-------------|----------------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|
| 3" | 75.0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 100.000 | | |
| 2" | 50.0 | 0 | 0.000 | 0.000 | 100.000 | | |
| 1" | 25.0 | 160 | 4.756 | 4.756 | 95.244 | 100 | 100 |
| 3/4" | 19.0 | 1340 | 39.834 | 44.590 | 55.410 | 100 | 90 |
| 1/2" | 12.5 | 1101 | 32.729 | 77.319 | 22.681 | | |
| 3/8" | 9.5 | 420 | 12.485 | 89.804 | 10.196 | 55 | 20 |
| FONDO | | 343 | 10.196 | 100.000 | 0.000 | 10 | 0 |
| TOTAL | | 3364 | 100.000 | | | | |

| | |
|-----------------------|----|
| TAMAÑO MÁXIMO | 2" |
| TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL | 1" |

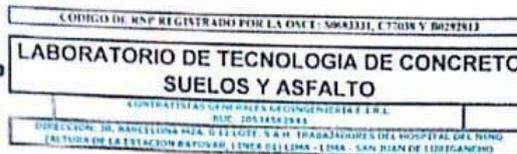
PORCENTAJE QUE PASA



C.G. GEOINGENIERIA E.I.R.L.
 Miguel Saavedra Apaza
 Técnico de Laboratorio

Abejilla Esquivel
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 45057

Ensayo de granulometría del agregado grueso



GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO

ASTM C-33

TEMA DE TESIS: INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL CONCRETO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 NIVELES, CANTO GRANDE – S.J.L.

SOLICITANTE: ALFONZO BREÑA, SAUL Y HURTADO QUISPE, DENNIS

CANTERA: JICAMARCA

MUESTRA: M-02

LUGAR: DISTRITO SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA – LIMA

| | |
|---------------------------------------|----------|
| PESO TOTAL DE LA MUESTRA + RECIPIENTE | 3.711 kg |
| PESO RECIPIENTE | 0.939 kg |
| PESO DE MUESTRA | 2.772 kg |

Datos obtenidos en el laboratorio

| TAMIZ | TAMAÑO (mm) | PESO RETENIDO PARCIAL (gr) | % RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%) | PORCENTAJE QUE PASA (%) | LIMITE SUPERIOR (%) | LIMITE INFERIOR (%) |
|--------|-------------|----------------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|
| N° 4 | 4.75 mm | 99 | 3.571 | 3.571 | 96.429 | 100 | 95 |
| N° 8 | 2.36 mm | 381 | 13.745 | 17.316 | 82.684 | 100 | 80 |
| N° 16 | 1.18 mm | 780 | 28.139 | 45.455 | 54.545 | 85 | 50 |
| N° 30 | 600 µm | 731 | 26.371 | 71.825 | 28.175 | 60 | 25 |
| N° 50 | 300 µm | 490 | 17.677 | 89.502 | 10.498 | 30 | 10 |
| N° 80 | 180 µm | 154 | 5.556 | 95.058 | 4.942 | | |
| N° 100 | 150 µm | 68 | 2.453 | 97.511 | 2.489 | 10 | 2 |
| N° 200 | 75 µm | 48 | 1.732 | 99.242 | 0.758 | | |
| FONDO | | 21 | 0.758 | 100.000 | 0.000 | | |
| TOTAL | | 2772 | 100.000 | | | | |



Módulo de Finura (MF): $MF = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulado en los tamices (hasta \#100)}}{100}$

$$MF = \frac{3.571 + 17.316 + 45.455 + 71.825 + 89.502 + 97.511}{100} = 3.28$$

C.G. GENI INGENIERIA E.I.R.L.
Miguel Ángel Soledad Apaza
Técnico de Laboratorio

Abejón
Abel Píllaca Esquivel
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 49557

Ensayo de peso específico del agregado fino y grueso



CODIGO DE RNP REGISTRADO POR LA OSCE: 9060331, C77034 Y B0282813

**LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO
SUELOS Y ASFALTO**

CONTRATISTAS GENERALES INGENIERIA E.I.R.L.
RUC: 20534562943

DIRECCION: JR. BARCELONA 25A, O 11 LOTE, 5 A.M. TRABAJADORES DEL HOSPITAL DEL NIÑO
(ALTIURA DE LA ESTACION BAYOVAR, LINEA O11 LIMA - IEMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO)



PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO

ASTM C-127

TEMA DE TESIS: INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL CONCRETO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 NIVELES, CANTO GRANDE – S.J.L.

SOLICITANTE: ALFONZO BREÑA, SAUL Y HURTADO QUISPE, DENNIS

CANTERA: JICAMARCA

MUESTRA: M-03

LUGAR: DISTRITO SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA – LIMA

| | |
|-------------------------------|---------|
| PESO DEL MATRAZ 500ml (A) | 608 gr |
| PESO AGREGADO SECO (B) | 100 gr |
| PESO MATRAZ + AGUA (C) | 1088 gr |
| PESO MATRAZ+AGUA+AGREGADO (D) | 1146 gr |
| VOLUMEN (E) | .42 |
| PESO ESPECÍFICO (F) | 3.125 |

VOLUMEN = (B)+(C)-(D)

PESO ESPECÍFICO=PESO AGREGADO SECO / VOLUMEN

$$P.E = \frac{100}{100 + 1088 - 1146} = 2.38$$

| | |
|---------------------|-----------|
| PESO DE TARA (A) | 37 gr |
| PESO = T+A. SSS (B) | 131.88 gr |
| PESO = T + A.S (C) | 131.1 gr |
| % ABSORCIÓN (D) | 0.723 % |

$$\% ABS = \frac{(131.88 - 37) - (131.1 - 37)}{131.1 - 37} * 100 = 0.723\%$$

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO

| | |
|-----------------------------|-----------|
| PESO AL AIRE | 746.9 gr |
| PESO SUMERGIDO EN AGUA | 481.68 gr |
| PESO A.G. SSS | 726.3 gr |
| PESO SECO AL HORNO | 719 gr |
| VOLUMEN | 265.22 |
| PESO ESPECÍFICO | 2.82 |
| PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) | 1.015% |

VOLUMEN = PESO AL AIRE – PESO SUMERGIDO EN AGUA

$$P.E. = \frac{\text{Peso A.G}}{\text{VOLUMEN}} = \frac{746.9}{265.22} = 2.82$$

$$\% ABS = \frac{\text{PESO A.G} - \text{PESO A.G SECO}}{\text{PESO A.G SECO}} * 100 = \frac{726.3 \text{ gr} - 719 \text{ gr}}{719 \text{ gr}} * 100 = 1.015 \%$$

C.G. INGENIERIA E.I.R.L.
Miguel Ángel Cuadra Apaza
Técnico de Laboratorio

Abel Milaca Esquivel
INGENIERO CIVIL
REG. CIP Nº 69057

Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso y fino



CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO FINO

ASTM C-566

TEMA DE TESIS: INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL CONCRETO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 NIVELES, CANTO GRANDE – S.J.L.

SOLICITANTE: ALFONZO BREÑA, SAUL Y HURTADO QUISPE, DENNIS

CANTERA: JICAMARCA

MUESTRA: M-03

LUGAR: DISTRITO SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA – LIMA

| | |
|---------------------------------------|----------|
| PESO TOTAL DE LA MUESTRA + RECIPIENTE | 113.9 gr |
| PESO RECIPIENTE | 13.9 gr |
| PESO TOTAL DE LA MUESTRA | 100.0 gr |
| PESO DE MUESTRA SECO + RECIPIENTE | 112.5 gr |
| PESO DEL AGUA CONTENIDA | 1.4 gr |
| PESO DEL SUELO SECO | 98.6 gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 1.419 % |

$$\text{CONTENIDO DE HUMEDAD} = \frac{\text{PESO DE AGUA CONTENIDA}}{\text{PESO DE MUESTRA SECA}} * 100 = 1.419 \%$$

CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO GRUESO

| | |
|---------------------------------------|--------|
| PESO TOTAL DE LA MUESTRA + RECIPIENTE | 590 gr |
| PESO RECIPIENTE | 51 gr |
| PESO TOTAL DE LA MUESTRA | 539 gr |
| PESO DE MUESTRA SECO + RECIPIENTE | 588 gr |
| PESO DEL AGUA CONTENIDA | 2 gr |
| PESO DEL MUESTRA SECA | 537 gr |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%) | 0.37 % |

$$\text{CONTENIDO DE HUMEDAD} = \frac{2}{537} * 100 = 0.37 \%$$

C.G. GEOTECNICIA E.I.R.L.
Miguel Ángel Cuadros Apaza
Técnico de Laboratorio

Abel Píllaca Esquivel
INGENIERO CIVIL
REG. DIP. N° 48657

Ensayo de peso específico del concreto patrón y con diferentes porcentajes de ceniza de carbón



ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DEL CONCRETO

ASTM C-138

TEMA DE TESIS: INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL CONCRETO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 NIVELES, CANTO GRANDE – S.J.L.

SOLICITANTE: ALFONZO BREÑA, SAUL Y HURTADO QUISPE, DENNIS

CANTERA: JICAMARCA

MUESTRA: M-04

LUGAR: DISTRITO SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA – LIMA

CONCRETO PATRÓN 210 KG/CM2 – 0% DE CENIZA INCORPORADA

| | |
|---|--------------------------|
| PESO RECIPIENTE | 2648.6 gr |
| DIÁMETRO DE RECIPIENTE | 15.2 cm |
| ALTURA DE RECIPIENTE | 15.5 cm |
| PESO DE RECIPIENTE + CONCRETO PATRÓN 210 KG/CM2 | 9288 gr |
| VOLUMEN DE RECIPIENTE | 2812.61 cm ³ |
| PESO NETO DEL CONCRETO | 6639.4 gr |
| PESO ESPECÍFICO DEL CONCRETO | 2.361 gr/cm ³ |

CONCRETO 210 KG/CM2 CON 5% DE CENIZA INCORPORADA

| | |
|--|--------------------------|
| PESO RECIPIENTE | 2648.6 gr |
| DIÁMETRO DE RECIPIENTE | 15.2 cm |
| ALTURA DE RECIPIENTE | 15.5 cm |
| PESO DE RECIPIENTE + CONCRETO CON 5% DE CC | 9340 gr |
| VOLUMEN DE RECIPIENTE | 2812.61 cm ³ |
| PESO NETO DEL CONCRETO | 6691.4 gr |
| PESO ESPECÍFICO DEL CONCRETO | 2.379 gr/cm ³ |

CONCRETO 210 KG/CM2 CON 7.5% DE CENIZA INCORPORADA

| | |
|--|--------------------------|
| PESO RECIPIENTE | 2648.6 gr |
| DIÁMETRO DE RECIPIENTE | 15.2 cm |
| ALTURA DE RECIPIENTE | 15.5 cm |
| PESO DE RECIPIENTE + CONCRETO CON 7.5% DE CC | 9324 gr |
| VOLUMEN DE RECIPIENTE | 2812.61 cm ³ |
| PESO NETO DEL CONCRETO | 6675.4 gr |
| PESO ESPECÍFICO DEL CONCRETO | 2.373 gr/cm ³ |

CONCRETO 210 KG/CM2 CON 10% DE CENIZA INCORPORADA

| | |
|---|--------------------------|
| PESO RECIPIENTE | 2648.6 gr |
| DIÁMETRO DE RECIPIENTE | 15.2 cm |
| ALTURA DE RECIPIENTE | 15.5 cm |
| PESO DE RECIPIENTE + CONCRETO CON 10% DE CC | 9255 gr |
| VOLUMEN DE RECIPIENTE | 2812.61 cm ³ |
| PESO NETO DEL CONCRETO | 6606.4 gr |
| PESO ESPECÍFICO DEL CONCRETO | 2.349 gr/cm ³ |

C.G. GEOINGENIERIA E.I.R.L.

 Miguel Ángel Osvedra Apaza
 Técnico de Laboratorio

Abel Píllaca Esquivel
 INGENIERO CIVIL
 REG. GP. N° 45257

Certificado de calibración de prensa para ensayo a compresión de concreto



LABORATORIO DE METROLOGÍA
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

LABORATORIO SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - LABORATORIO DE FUERZA

Calibration Certificate - Laboratory of Force

| | | |
|---|--|--------------------|
| OBJETO DE PRUEBA: <i>Instrument</i> | MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN | Pág. 1 de 3 |
| Rangos <i>Measurement range</i> | 1 000 kN | |
| FABRICANTE <i>Manufacturer</i> | A&A INSTRUMENTS | |
| Modelo <i>Model</i> | STYE - 2000 | |
| Serie <i>Identification number</i> | 140434 | |
| Ubicación de la máquina <i>Location of the machine</i> | LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO. | |
| Norma de referencia <i>Norm of used reference</i> | NTC - ISO 7500 - 1 (2007 - 07 - 25) | |
| Intervalo calibrado <i>Calibrated interval</i> | Del 10% al 100% del Rango | |
| Solicitante <i>Customer</i> | CONTRATISTAS GENERALES GEOINGENIERIA E.I.R.L | |
| Dirección <i>Address</i> | JR. BARCELONA MZA. 9 11 LOTE. 5 A.H. TRABAJADORES DEL HOSPITAL DEL NIÑO LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO | |
| Ciudad <i>City</i> | LIMA | |
| PATRON(ES) UTILIZADO(S) <i>Measurement standard</i> | | |
| Tipo / Modelo <i>Type / Model</i> | T71P / ZSC | |
| Rangos <i>Measurement range</i> | 150 tn | |
| Fabricante <i>Manufacturer</i> | OHAUS / KELI | |
| No. serie <i>Identification number</i> | B504530209 / 5M56809 | |
| Certificado de calibración <i>Calibration certification</i> | N° INF - LE - 191 - 18 | |
| Incertidumbre de medida <i>Uncertainty of measurement</i> | 0.060 % | |
| Método de calibración <i>Method of calibration</i> | Comparación Directa | |
| Unidades de medida <i>Units of measurement</i> | Sistema Internacional de Unidades (SI) | |
| FECHA DE CALIBRACIÓN <i>Date of calibration</i> | 2019 - 10 - 09 | |
| FECHA DE EXPEDICIÓN <i>Date of issue</i> | 2019 - 10 - 10 | |

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS

Number of pages of this certificate and documents attached

3

FIRMAS AUTORIZADAS

Authorized Signatures

Tec. Gilmer A. Huamán Córdova
Responsable Laboratorio de Metrología



Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa
Los Olivos - Lima

FJDO: (01) 622-5814
RPC: 992-302-883
RPC: 962-227-856

Correos: ventas@gyllaboratorio.com
ventas.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com

Horario de Atención:
Lunes a Viernes: 8:00 am a
6:00 pm
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO SAC



Ensayo de resistencia a compresión de concreto patrón



CODIGO DE RNP REGISTRADO POR LA OSCE: S0683331, C77038 Y B0282813

**LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO
SUELOS Y ASFALTO**

CONTRATISTAS GENERALES GEOINGENIERIA E.I.R.L.

RUC: 20534562943

DIRECCION: JR. BARCELONA MZA. 0 11 LOTE: 5 A.H. TRABAJADORES DEL HOSPITAL DEL NIÑO
(ALTURA DE LA ESTACION BAYONA, LINEA 03) LIMA - LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES

(ASTM C-39)

TEMA DE TESIS : INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL CONCRETO PARA EL DISEÑO SISMORESISTENTE DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 NIVELES, CANTO GRANDE - S.J.L.

SOLICITANTE : ALFONZO BREÑA, SAUL Y HURTADO QUISPE, DENNIS

LUGAR : DISTRITO SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA-LIMA

FECHA DE EXPEDICIÓN : 27-oct-19

| Nº de Muestra | Fecha de Muestreo | Fecha de Ruptura | Edad (Días) | Diám. (cms) | Área (Cm ²) | Carga (KN) | Carga (Kgs) | Resistencia Kg/cm ² | Res.Prom. Kg/cm ² | Porcentaje Obtenido(%) | Promed. (%) | F'c Diseño Kg/cm ² | Características de las Probetas | Identificación de Probetas |
|--|-------------------|------------------|-------------|-------------|-------------------------|------------|-------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| PRUEBAS DE RESISTENCIA 210Kg/cm² A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETOS. | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 02-oct-19 | 09-oct-19 | 7 | 15.000 | 176.7200 | 296.73 | 30.258.03 | 171.22 | | 82.00 | | 210.00 | PROBETA PATRON | MUESTRA 01.01 |
| 2 | 02-oct-19 | 09-oct-19 | 7 | 15.000 | 176.7200 | 288.51 | 29.419.83 | 166.48 | 168.00 | 79.00 | 80.00 | 210.00 | PROBETA PATRON | MUESTRA 01.02 |
| 3 | 02-oct-19 | 09-oct-19 | 7 | 15.030 | 177.4200 | 289.77 | 29.548.31 | 166.54 | | 79.00 | | 210.00 | PROBETA PATRON | MUESTRA 01.03 |
| 4 | 30-sep-19 | 14-oct-19 | 14 | 15.000 | 176.7200 | 318.24 | 32.451.44 | 183.63 | 193.00 | 87.00 | 92.00 | 210.00 | PROBETA PATRON | MUESTRA 02.01 |
| 5 | 30-sep-19 | 14-oct-19 | 14 | 15.000 | 176.7200 | 336.37 | 34.300.19 | 194.09 | | 92.00 | | 210.00 | PROBETA PATRON | MUESTRA 02.02 |
| 6 | 30-sep-19 | 14-oct-19 | 14 | 15.050 | 177.9000 | 350.12 | 35.702.30 | 200.69 | | 96.00 | | 210.00 | PROBETA PATRON | MUESTRA 02.03 |
| 7 | 28-sep-19 | 26-oct-19 | 28 | 15.010 | 176.9500 | 377.89 | 38.534.05 | 217.77 | | 104.00 | | 210.00 | PROBETA PATRON | MUESTRA 04.01 |
| 8 | 28-sep-19 | 26-oct-19 | 28 | 15.000 | 176.7200 | 369.32 | 37.660.15 | 213.11 | 215.00 | 101.00 | 102.00 | 210.00 | PROBETA PATRON | MUESTRA 04.02 |
| 9 | 28-sep-19 | 26-oct-19 | 28 | 15.000 | 176.7200 | 371.07 | 37.838.60 | 214.12 | | 102.00 | | 210.00 | PROBETA PATRON | MUESTRA 04.03 |

OBSERVACIONES

SE HICIERON TOTAL (9) PRUEBAS DE RESISTENCIA DE 210Kg/cm² A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETOS. LA OBTENCIÓN DE LA FECHA DE MUESTREO ES RESPONSABILIDAD DE LOS SOLICITANTES. LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADOS POR LOS SOLICITANTES


E.C. GEOINGENIERIA E.I.R.L.
 Miguel Ángel Saavedra Anaya


Abel Piliaca Esquivel
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP Nº 68667

Ensayo a compresión de concreto 95%C+5%CC



CÓDIGO DE RNP REGISTRADO POR LA OSCE: S0683331, C77038 Y B0282813

**LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO
SUELOS Y ASFALTO**

CONTRATISTAS GENERALES GEOINGENIERIA E.I.R.L.
RUC: 20534562943

DIRECCION: JR. BARCELONA MZA. 0 11 LOTE. 5 A.H. TRABAJADORES DEL HOSPITAL DEL NIÑO
(ALTURA DE LA ESTACION BAYOVAR, LINEA 03) LIMA - LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES

(ASTM C-39)

TEMA DE TESIS : INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL CONCRETO PARA EL DISEÑO SISMORESISTENTE DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 NIVELES, CANTO GRANDE - S.J.L.

SOLICITANTE : ALFONZO BREÑA, SAUL Y HURTADO QUISPE, DENNIS

LUGAR : DISTRITO SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA-LIMA

| N° de Muestra | Fecha de Muestreo | Fecha de Ruptura | Edad (Días) | Diám. (cm) | Área (cm ²) | Carga (KNS) | Carga (Kgs) | Resistencia Kg/cm ² | Res. Prom. Kg/cm ² | Porcentaje Obtenida(%) | Promed. (%) | F'c Diseño Kg/cm ² | Características de las Probetas | Identificación de Probetas |
|---------------|-------------------|------------------|-------------|------------|-------------------------|-------------|-------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 1 | 02-oct-19 | 09-oct-19 | 7 | 15.000 | 176.7200 | 305.91 | 31194.13 | 176.52 | | 84.00 | 89.00 | 210.00 | 5% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 01.01 |
| 2 | 02-oct-19 | 09-oct-19 | 7 | 15.080 | 178.6100 | 313.45 | 31963.00 | 178.95 | 187.00 | 85.00 | 89.00 | 210.00 | 5% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 01.02 |
| 3 | 02-oct-19 | 09-oct-19 | 7 | 15.000 | 176.7200 | 354.00 | 36097.95 | 204.27 | | 97.00 | 97.00 | 210.00 | 5% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 01.03 |
| 4 | 30-sep-19 | 14-oct-19 | 14 | 15.000 | 176.7200 | 360.89 | 36800.53 | 208.24 | | 99.00 | 97.00 | 210.00 | 5% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 02.01 |
| 5 | 30-sep-19 | 14-oct-19 | 14 | 15.060 | 178.1300 | 350.06 | 35696.18 | 200.39 | 203.00 | 95.00 | 97.00 | 210.00 | 5% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 02.02 |
| 6 | 30-sep-19 | 14-oct-19 | 14 | 15.000 | 176.7200 | 347.96 | 35482.04 | 200.78 | | 96.00 | 97.00 | 210.00 | 5% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 02.03 |
| 7 | 28-sep-19 | 26-oct-19 | 28 | 15.010 | 176.9500 | 397.12 | 40494.96 | 228.85 | | 109.00 | 108.00 | 210.00 | 5% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 04.01 |
| 8 | 28-sep-19 | 26-oct-19 | 28 | 15.000 | 176.7200 | 389.90 | 39758.73 | 224.98 | 227.00 | 107.00 | 108.00 | 210.00 | 5% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 04.02 |
| 9 | 28-sep-19 | 26-oct-19 | 28 | 15.000 | 176.7200 | 393.79 | 40153.40 | 227.23 | | 108.00 | 108.00 | 210.00 | 5% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 04.03 |

OBSERVACIONES

SE HICIERON TOTAL (9) PRUEBAS DE RESISTENCIA DE 210Kg/cm² A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETOS, LA OBTENCIÓN DE LA FECHA DE MUESTREO ES RESPONSABILIDAD DE LOS SOLICITANTES, LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADAS POR LOS SOLICITANTES.

415.60 120.00 295.60

C.G. GEOINGENIERIA E.I.R.L.
MIRAFLORES

Abel Piliaca Esquivel
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 68957

Ensayo de resistencia a compresión de concreto 92.5%C+7.5%CC



CÓDIGO DE RNP REGISTRADO POR LA OSCE: S0683331, C77038 Y B0282813

**LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO
SUELOS Y ASFALTO**

CONTRATISTAS GENERALES GEOINGENIERIA E.I.R.L.
RUC: 20534562943

DIRECCIÓN: JR. BARCELONA MZA. 0 11 LOTE. 5 A.H. TRABAJADORES DEL HOSPITAL DEL NIÑO
(ALTURA DE LA ESTACION BAYOVAR, LINEA 03) LIMA - LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES

(ASIM) C-39)

TEMA DE TESIS : INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL CONCRETO PARA EL DISEÑO SISMORESISTENTE DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 NIVELES, CANTO GRANDE - S.J.L.

SOLICITANTE : ALFONZO BREÑA, SAUL Y HURTADO QUISEP, DENNIS

LUGAR : DISTRITO SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA-LIMA

FECHA DE EXPEDICIÓN: 27-oct-19

| N° de Muestra | Fecha de Muestreo | Fecha de Ruptura | Edad (Días) | Diám. (cms) | Área (Cm²) | Carga (KN) | Carga (Kgp) | Resistencia Kg/cm² | Res. Prom. Kg/cm² | Porcentaje (Obtención%) | Promed. (%) | F'c Diseño Kg/cm² | Características de las Probetas | Identificación de Probeta |
|---|-------------------|------------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|--------------------|-------------------|-------------------------|-------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------------|
| PRUEBAS DE RESISTENCIA 210Kg/cm2 A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETOS. | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 02-oct-19 | 09-oct-19 | 7 | 15.020 | 177.1900 | 311.59 | 31.775.33 | 179.52 | 85.00 | 85.00 | 210.00 | 7.5% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 01.01 | |
| 2 | 02-oct-19 | 09-oct-19 | 7 | 15.000 | 176.7200 | 309.11 | 31.520.44 | 178.56 | 85.00 | 85.00 | 210.00 | 7.5% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 01.02 | |
| 3 | 02-oct-19 | 09-oct-19 | 7 | 15.030 | 177.4200 | 308.45 | 31.455.14 | 177.28 | 84.00 | 84.00 | 210.00 | 7.5% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 01.03 | |
| 4 | 30-sep-19 | 14-oct-19 | 14 | 15.030 | 177.4200 | 330.22 | 35.712.49 | 201.29 | 96.00 | 96.00 | 210.00 | 7.5% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 02.01 | |
| 5 | 30-sep-19 | 14-oct-19 | 14 | 15.000 | 176.7200 | 345.31 | 35.211.81 | 199.25 | 200.00 | 95.00 | 210.00 | 7.5% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 02.02 | |
| 6 | 30-sep-19 | 14-oct-19 | 14 | 15.000 | 176.7200 | 346.10 | 35.292.37 | 199.71 | 95.00 | 95.00 | 210.00 | 7.5% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 02.03 | |
| 7 | 28-sep-19 | 26-oct-19 | 28 | 15.000 | 176.7200 | 378.71 | 38.617.66 | 218.52 | 104.00 | 104.00 | 210.00 | 7.5% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 04.01 | |
| 8 | 28-sep-19 | 26-oct-19 | 28 | 15.000 | 178.1300 | 382.43 | 38.997.00 | 218.92 | 104.00 | 104.00 | 210.00 | 7.5% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 04.02 | |
| 9 | 28-sep-19 | 26-oct-19 | 28 | 15.000 | 176.7200 | 380.46 | 38.796.11 | 219.53 | 104.00 | 104.00 | 210.00 | 7.5% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 04.03 | |

OBSERVACIONES

SE HICIERON TOTAL (9) PRUEBAS DE RESISTENCIA DE 210Kg/cm2, A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETOS. LA OBTENCION DE LA FECHA DE MUESTREO ES RESPONSABILIDAD DE LOS SOLICITANTES. LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADOS POR LOS SOLICITANTES.

C.G. GEOINGENIERIA E.I.R.L.
Miguel Ángel Saavedra Apaza
Técnico de Laboratorio

Abel Piliaca Esquivel
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 68067

Ensayo de resistencia a compresión de concreto 90%C+10%CC



CODIGO DE RNP REGISTRADO POR LA OSCE: S068331, C77038 Y B0282813
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO
SUELOS Y ASFALTO
 CONTRATISTAS GENERALES GEOINGENIERIA E.I.R.L.
 RUC: 20534562943
 DIRECCION: JR. BARCELONA MZA. 0 11 LOTE. 5 A.H. TRABAJADORES DEL HOSPITAL DEL NINO
 (ALTURA DE LA ESTACION BAYOVAR, LINEA 01) LIMA - LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO



PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES

(ASTM C-39)

TEMA DE TESIS : INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CARBÓN AL CONCRETO PARA EL DISEÑO SISMORESISTENTE DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 5 NIVELES, CANTO GRANDE - S.I.L.
SOLICITANTE : ALFONZO BREÑA, SAUL Y HURTADO QUIJPE, DENNIS
LUGAR : DISTRITO SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA-LIMA

FECHA DE EXPEDICIÓN : 27-oct-19

| N° de Muestra | Fecha de Muestreo | Fecha de Captura (Días) | Edad (Días) | Diám (cms) | Área (Cm²) | Carga (KN) | Carga (Kgs) | Resistencia Kg/cm² | Res.Prom. Kg/cm² | Porcentaje Obtenido(%) | Promed. (%) | F'c Diseño Kg/cm² | Características de las Probetas | Identificación de Probetas |
|---------------|-------------------|-------------------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|--------------------|------------------|------------------------|-------------|-------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 1 | 02-oct-19 | 09-oct-19 | 7 | 15.030 | 177.9000 | 289.78 | 29,549.33 | 166.10 | 164.00 | 79.00 | 78.00 | 210.00 | 10% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 01 01 |
| 2 | 02-oct-19 | 09-oct-19 | 7 | 15.000 | 176.7200 | 287.62 | 29,329.07 | 165.96 | 164.00 | 79.00 | 78.00 | 210.00 | 10% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 01 02 |
| 3 | 02-oct-19 | 09-oct-19 | 7 | 15.000 | 176.7200 | 279.71 | 28,522.48 | 161.40 | 164.00 | 77.00 | 77.00 | 210.00 | 10% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 01 03 |
| 4 | 30-sep-19 | 14-oct-19 | 14 | 15.030 | 177.9000 | 332.94 | 33,950.42 | 190.84 | 190.00 | 91.00 | 91.00 | 210.00 | 10% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 02 01 |
| 5 | 30-sep-19 | 14-oct-19 | 14 | 15.000 | 176.7200 | 329.85 | 33,635.33 | 190.83 | 190.00 | 91.00 | 91.00 | 210.00 | 10% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 02 02 |
| 6 | 30-sep-19 | 14-oct-19 | 14 | 15.000 | 176.7200 | 326.29 | 33,272.31 | 188.28 | 190.00 | 90.00 | 90.00 | 210.00 | 10% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 02 03 |
| 7 | 28-sep-19 | 26-oct-19 | 28 | 15.000 | 176.7200 | 372.00 | 37,933.44 | 214.65 | 213.00 | 102.00 | 101.00 | 210.00 | 10% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 04 01 |
| 8 | 28-sep-19 | 26-oct-19 | 28 | 15.030 | 177.4200 | 368.16 | 37,541.86 | 211.60 | 213.00 | 101.00 | 101.00 | 210.00 | 10% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 04 02 |
| 9 | 28-sep-19 | 26-oct-19 | 28 | 15.000 | 176.7200 | 367.46 | 37,470.48 | 212.03 | 213.00 | 101.00 | 101.00 | 210.00 | 10% CENIZA DE CARBÓN | MUESTRA 04 03 |

OBSERVACIONES

SE HICIERON TOTAL (9) PRUEBAS DE RESISTENCIA DE 2108g/cm² A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETOS. LA OBTENCIÓN DE LA FECHA DE MUESTREO ES RESPONSABILIDAD DE LOS SOLICITANTES. LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADOS POR LOS SOLICITANTES.

C.G. GEOINGENIERIA E.I.R.L.
 MINGEL Angel Saavedra Anaya

Abel Pillaca Esquivel
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP Nº 69857

ANEXO C

Ensayo de granulometría de los agregados.



Figura 36. Tamizado de arena gruesa.

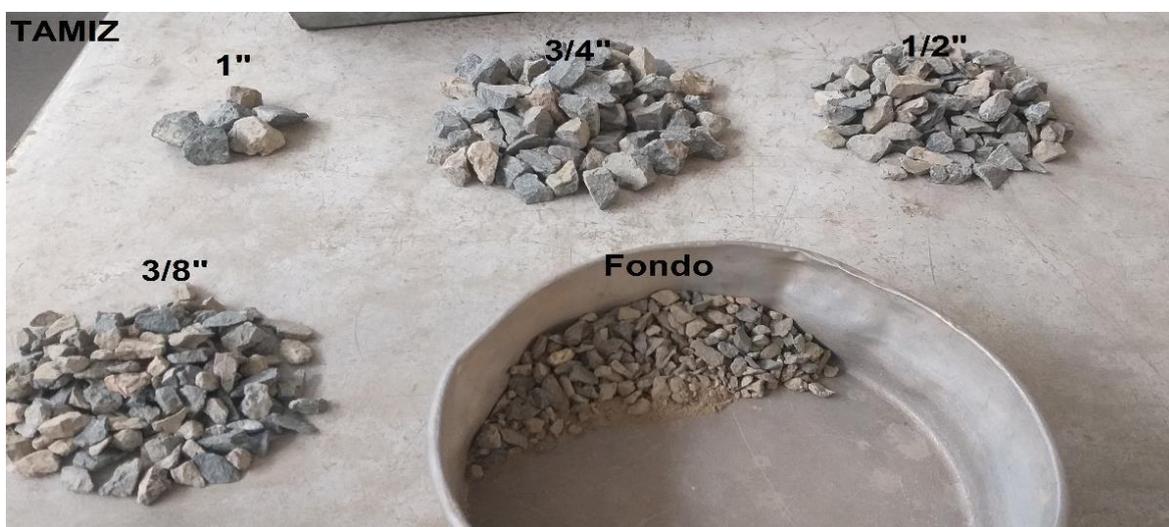


Figura 37. Tamizado de la piedra chancada.

Ensayo de granulometría de la ceniza de carbón.



Figura 38. Ceniza de carbón.

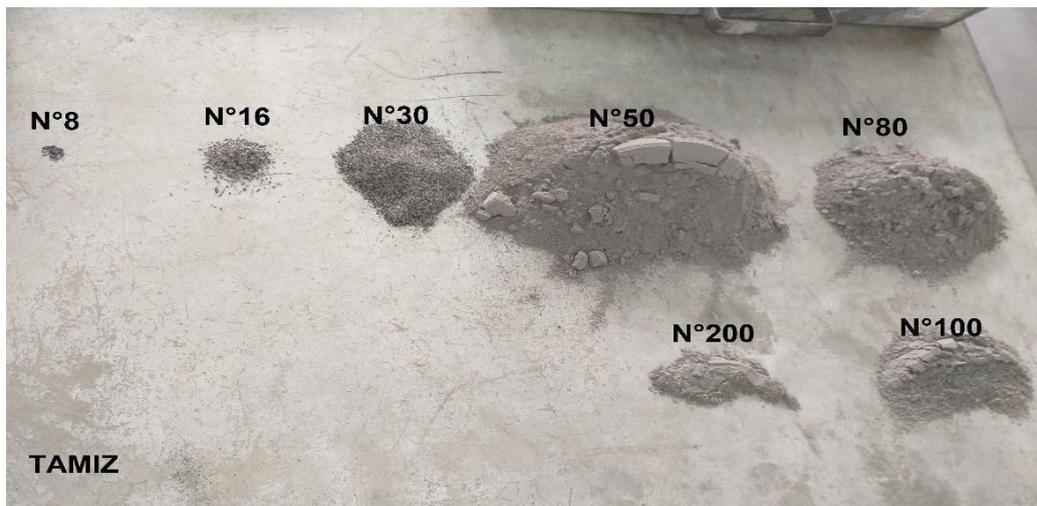


Figura 39. Tamizado de la ceniza de carbón.

Elaboración de concreto patrón, 95%C+5%CC, 92.5%C+7.5%CC y 90%C+10%CC, $f'c=210$ kg/cm²



Figura 40. Proceso de mezcla de concreto $f'c = 210$ kg/cm²

Determinación del peso específico del concreto patrón e incorporado con diferentes porcentajes de ceniza de carbón.



Figura 41. Compactado y pesado de la mezcla de concreto para determinar su peso específico.

Ensayo de asentamiento con Cono de Abrams



Figura 42. Compactado con varilla (25 veces) para el ensayo de asentamiento.

Desenfofrado y curado de probetas cilíndricas de 15x30cm



Figura 43. Probetas desenfofradas y proceso de curado

Ensayo de resistencia a compresión de probetas



Figura 44. Probetas post ensayo de resistencia a compresión.

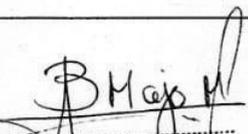
ANEXO D

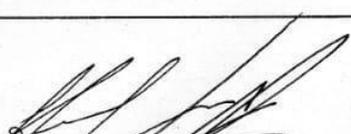
Validación de ficha para recolectar resultados de resistencia a compresión de las probetas realizadas

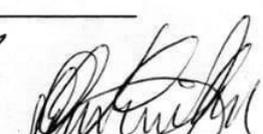
| FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| TITULO: "Incorporación de ceniza de carbón al concreto para el diseño sismorresistente de una vivienda multifamiliar de 5 niveles, Canto Grande - SJL" | | | | | | |

| RESISTENCIA A COMPRESIÓN f_c DE DISTINTAS MUESTRAS DE CONCRETO | | | | | | | |
|--|---------------|-------------|-------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Autores: Alfonso Breña, Saul | | | | | | | |
| Hurtado Quispe, Dennis | | | | | | | |
| PROPORCIÓN C - CC | N° DE MUESTRA | FECHA ELAB. | FECHA RUPT. | ÁREA (cm ²) | RESISTENCIA A COMPRESIÓN | | |
| | | | | | 7 días | 14 días | 28 días |
| | | | | | f_c (kg/cm ²) | f_c (kg/cm ²) | f_c (kg/cm ²) |
| 100% cemento + 0% ceniza carbón | M-1 | | | | - | - | - |
| | M-2 | | | | - | - | - |
| | M-3 | | | | - | - | - |
| | M-4 | | | | - | - | - |
| | M-5 | | | | - | - | - |
| | M-6 | | | | - | - | - |
| | M-7 | | | | - | - | - |
| | M-8 | | | | - | - | - |
| | M-9 | | | | - | - | - |
| 95% cemento + 5% ceniza carbón | M-1 | | | | - | - | - |
| | M-2 | | | | - | - | - |
| | M-3 | | | | - | - | - |
| | M-4 | | | | - | - | - |
| | M-5 | | | | - | - | - |
| | M-6 | | | | - | - | - |
| | M-7 | | | | - | - | - |
| | M-8 | | | | - | - | - |
| | M-9 | | | | - | - | - |
| 92.5% cemento + 7.5% ceniza carbón | M-1 | | | | - | - | - |
| | M-2 | | | | - | - | - |
| | M-3 | | | | - | - | - |
| | M-4 | | | | - | - | - |
| | M-5 | | | | - | - | - |
| | M-6 | | | | - | - | - |
| | M-7 | | | | - | - | - |
| | M-8 | | | | - | - | - |
| | M-9 | | | | - | - | - |
| 90% cemento + 10% ceniza carbón | M-1 | | | | - | - | - |
| | M-2 | | | | - | - | - |
| | M-3 | | | | - | - | - |
| | M-4 | | | | - | - | - |
| | M-5 | | | | - | - | - |
| | M-6 | | | | - | - | - |
| | M-7 | | | | - | - | - |
| | M-8 | | | | - | - | - |
| | M-9 | | | | - | - | - |
| TOTAL | 36 | | | | | | |

INSTRUCCIONES: * Colocar los datos obtenidos en laboratorio en los espacios correspondientes.
 * Los datos de resistencia a compresión, deben estar en las unidades especificadas en la tabla.


 ALBERTO EVANS MAJÓ MARRUFO
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 73296


 Mg. Ing. Luis Segura Terrones
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 155963


 Jorge Escalante Cuadros
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 59134

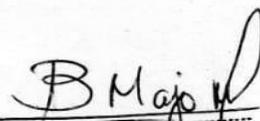
Validación de ficha para recolectar resultados de propiedades físicas de los materiales componentes de la mezcla de concreto

| FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS | |
|--|--|
| TÍTULO: "Incorporación de ceniza de carbón al concreto para el diseño sismorresistente de una vivienda multifamiliar de 5 niveles, Canto Grande - SJL" | |

| PROPIEDADES FÍSICAS DE MATERIALES | | | | | | |
|-----------------------------------|---|------------------------|----------|------|------|----|
| Autores | | | | | | |
| | | Alfonzo Breña, Saul | | | | |
| | | Hurtado Quispe, Dennis | | | | |
| ENSAYO | NORMATIVA | UNIDAD | MATERIAL | | | |
| | | | C | A.F. | A.G. | CC |
| PESO ESPECÍFICO | NTP 400.021 y 400.022 ASTM C 127 y C 128 | | | | | |
| % DE ABSORCIÓN | NTP 400.021 y 400.022 ASTM C 127 y C 128 | | | | | |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | NTP 400.016 ASTM C 566 | | | | | |
| MODULO DE FINEZA | NTP 400.012 NTP 400.037 | | | | | |
| TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO | ASTM C-33/C33M-13 NTP 400.037 | | | | | |
| CONTENIDO DE AIRE | NTP 334.08 ASTM C-1157 | | | | | |

INSTRUCCIONES: *Colocar los datos obtenidos en laboratorio en los espacios correspondientes.
 *Los datos de resistencia a compresión, deben estar en las unidades especificadas en la tabla.
 * C (Cemento), A.F. (Agregado fino), A.G. (Agregado grueso) y CC (Ceniza de carbón).


Mg Ing. Luis Segura Terrones
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 155963



ALBERTO EVANS MAJU MARRIFO
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 73296



Jorge Esteban Contreras C.
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 69134

ANEXO E

En este anexo se muestran los planos arquitectónicos utilizados, los mismos que fueron corregidos después de realizar el análisis dinámico modal espectral a la estructura y se presentan los planos estructurales obtenidos.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, ALFONZO BREÑA SAUL estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "DISEÑO ESTRUCTURAL DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 4 NIVELES INCORPORANDO CENIZA DE CARBÓN AL CONCRETO, CANTO GRANDE, SAN JUAN DE LURIGANCHO, 2019", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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 vigentes de la Universidad César Vallejo.

| Nombres y Apellidos | Firma |
|--|---|
| ALFONZO BREÑA SAUL DNI: 48217305 ORCID 0000-0002-2755-4340 |  |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, HURTADO QUISPE DENNIS estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "DISEÑO ESTRUCTURAL DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 4 NIVELES INCORPORANDO CENIZA DE CARBÓN AL CONCRETO, CANTO GRANDE, SAN JUAN DE LURIGANCHO, 2019", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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 vigentes de la Universidad César Vallejo.

| Nombres y Apellidos | Firma |
|---|---|
| HURTADO QUISPE DENNIS DNI: 76858742 ORCID 0000-0003-2948-4195 |  |