



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Efectos del óxido de calcio y cenizas volantes en la resistencia a
la compresión y porosidad del concreto 210 kg/cm².**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Hernández Camacho, Roy Smhit (ORCID: 0000-0001-8994-7572)

ASESOR:

Dr. Gutiérrez Vargas, Leopoldo Marcos (ORCID: 0000-0003-2630-6190)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

TRUJILLO-PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedico con todo mi amor y cariño este logro tan importante en mi vida, a mi madre, ya que sin ella no hubiese sido posible el cumplimiento de esta meta, su apoyo, consejos, dedicación y amor incondicional me han forjado por el camino del bien y hace posible que hoy este culminando mis estudios.

A mí amado hijo Jhor, por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más, con el único propósito de brindarle un mejor futuro.

Agradecimiento

En primer lugar, quiero agradecer a mi asesor el Dr. Leopoldo M. Gutiérrez Vargas, quien, con sus conocimientos y apoyo, me guio a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscaba.

También quiero agradecer a la universidad cesar vallejo por la calidad de su enseñanza conformada por profesionales de amplios conocimiento y experiencia. A la empresa ENGIE Perú S.A., por la donación de las cenizas volantes insumo indispensable para hacer realidad este estudio. Al laboratorio de suelos y concretos TECOSUR S.C.R.L. por su acogida y apoyo en la ejecución de cada uno de los ensayos necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación.

Por último, quiero agradecer a mi familia, por apoyarme aun cuando mis ánimos decaían. En especial hago mención a mi madre que siempre estuvo ahí para darme palabras de apoyo y un abrazo reconfortante para renovar energías.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I.INTRODUCCIÓN	1
II.MARCO TEÓRICO	4
III.METODOLOGÍA	20
3.1. Tipo y diseño de investigación	20
3.2. Variables y operacionalización	21
3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis.	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	23
3.5. Procedimientos	23
3.6. Método de análisis de datos	28
3.7. Aspectos éticos	28
IV.RESULTADOS	29
4.1. Características de los materiales	29
4.2. Diseño de mezclas – Método ACI Comité 211.	30
4.3. Preparación de muestras	31
4.4. Propiedades del concreto fresco	33
4.5. Propiedades del concreto endurecido	34
4.6. Análisis estadístico de los resultados	43
V.DISCUSIÓN	45
VI.CONCLUSIONES	49
VII.RECOMENDACIONES	50
REFERENCIAS	51
ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. REQUISITOS PARA EL CONCRETO SEGÚN NIVEL DE EXPOSICIÓN A SULFATOS.	15
TABLA 2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CENIZA VOLANTE (% EN MASA).	17
TABLA 3. PROPIEDADES DE LAS CENIZAS VOLANTES.	18
TABLA 4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CAL VIVA INDUSTRIAL.	19
TABLA 5. RESUMEN DE PROBETAS PARA ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	22
TABLA 6. RESUMEN DE PROBETAS PARA ENSAYO DE POROSIDAD.	22
TABLA 7. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS	29
TABLA 8. FINURA POR MEDIO DE LA MALLA Nº 200	30
TABLA 9. DOSIFICACIÓN DE MATERIALES EN PESO Y VOLUMEN PARA UN CONCRETO 210 KG/CM ² .	30
TABLA 10. CANTIDAD DE MATERIALES PARA 1 M ³ DE CONCRETO.	31
TABLA 11. CANTIDAD DE MATERIALES PARA 10 PROBETAS DE CONCRETO.	32
TABLA 12. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS DE EDAD DEL CONCRETO.	35
TABLA 13. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS DE EDAD DEL CONCRETO	37
TABLA 14. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE EDAD DEL CONCRETO.	39

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL CONCRETO.	12
FIGURA 2. EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO CON LA EDAD.	16
FIGURA 3. (A) ESQUEMA; (B) CONFIGURACIÓN DE PRUEBA REAL.	16
FIGURA 4. MICROGRAFÍA DE LA CENIZA VOLANTE, TOMADA MEDIANTE UN MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO.	18
FIGURA 5. NIVELES DE COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CEMENTO, OC Y CV.	19
FIGURA 6. ESQUEMA EXPERIMENTAL.	20
FIGURA 7. FLUJOGRAMA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.	27
FIGURA 8. TEMPERATURA (°C) DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.	33
FIGURA 9. SLUMP (CM) DE CADA UNA DE LAS MUESTRAS.	34
FIGURA 10. F'C PROMEDIO A LOS 7 DÍAS DE EDAD DEL CONCRETO.	36
FIGURA 11. F'C PROMEDIO A LOS 7 Y 14 DÍAS DE EDAD DEL CONCRETO	38
FIGURA 12. CURVA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	40
FIGURA 13. CURVA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	40
FIGURA 14. RELACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y POROSIDAD DEL CONCRETO.	42

Resumen

El presente informe de tesis corresponde a un estudio aplicado y experimental, basando en el uso de óxido de calcio (OC) y cenizas volantes (CV) como sustituto parcial del cemento portland, para determinar sus efectos en la resistencia a la compresión y porosidad del concreto 210 kg/cm². El óxido de calcio conocido comercialmente como cal viva es obtenido a partir de la calcinación de la piedra caliza a más de 1000 °C, por otro lado, las cenizas volantes es un desecho producto de la combustión del carbono de la planta termoeléctrica Ilo 21.

Para esta investigación se utilizó 3 muestras con OC (M1=5%, M2=15% y M3=25%), 3 muestras con CV (M4=5%, M5=15% y M6=25%) y una muestra de control (M0) con el 100% de cemento portland, en el diseño de mezclas se empleó agregados de la cantera Urunta, con un tamaño máximo nominal del agregado grueso de 3/4", la relación agua cemento de 0.57 y cemento Yura tipo IP. En el ensayo de resistencia a la compresión los datos se recolectaron a los 7, 14 y 28 días de edad del concreto y para el ensayo de porosidad la medición se realizó a los 28 días de curado de las probetas.

Finalmente se obtuvo como resultados que a los 28 días la resistencia a la compresión promedio fue de 207.47, 221.37, 187.96, 146.51, 209.71, 226.36 y 163.14 kg/cm² para las muestras M0, M1, M2, M3, M4, M5 y M6 respectivamente, respecto a la porosidad se obtuvo el 9.68% para la muestra patrón, 8.76% para M1, 9.31% para M2, 10.73% para M3, 7.99% para M4, 5.03% para M5 y 8.77% para M6. Concluyendo que el 5% de OC y 15% de CV mejoran la resistencia a la compresión y porosidad del concreto 210 Kg/cm².

Palabras claves: Oxido de calcio, cenizas volantes, resistencia a la compresión y porosidad.

Abstract

This thesis report corresponds to an applied and experimental study, based on the use of calcium oxide (OC) and fly ash (CV) as a partial substitute for portland cement, to determine its effects on the compressive strength and porosity of the concrete 210 kg / cm². Calcium oxide commercially known as lime is obtained from the calcination of limestone at more than 1000 °C, on the other hand, fly ash is a waste product of the combustion of carbon from the Ilo 21 thermoelectric plant.

For this research, 3 samples with OC (M1 = 5%, M2 = 15% and M3 = 25%), 3 samples with CV (M4 = 5%, M5 = 15% and M6 = 25%) and a sample of control (M0) with 100% portland cement, in the design of mixtures aggregates from the Urunta quarry were used, with a nominal maximum size of the coarse aggregate of 3/4", the water-cement ratio of 0.57 and Yura cement type IP. In the compressive strength test, the data were collected at 7, 14 and 28 days of age of the concrete and for the porosity test, the measurement was made at 28 days of curing of the specimens.

Finally, the results were obtained that at 28 days the average compressive strength was 207.47, 221.37, 187.96, 146.51, 209.71, 226.36 and 163.14 kg / cm² for samples M0, M1, M2, M3, M4, M5 and M6 respectively, regarding porosity, 9.68% was obtained for the standard sample, 8.76% for M1, 9.31% for M2, 10.73% for M3, 7.99% for M4, 5.03% for M5 and 8.77% for M6. Concluding that 5% OC and 15% CV improve the compressive strength and porosity of concrete 210 Kg / cm².

Keywords: Calcium oxide, fly ash, compressive strength and porosity.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el concreto se ha convertido en el material de construcción más utilizado a nivel mundial, según estadísticas manifiestan que para el año 2050 la demanda de cemento portland posiblemente incrementaría hasta un 225%, principalmente en países como la India, China, Brasil y México. Según Garcés (como se citó en Rendón 2019, p. 201). En el Perú el consumo interno de cemento portland en setiembre del 2021 fue de 1 235 000 toneladas, lo que equivale al aumento del 12.33% en relación a setiembre del 2020 (INEI, 2021, p. 27).

El uso del concreto en la construcción se debe principalmente por 3 factores: su buena resistencia a la compresión es relativamente económico y es fácil de moldear en diversas formas, no obstante, su preocupación recae en que este material presente problemas de durabilidad, por el deterioro del acero de refuerzo y del mismo concreto, como consecuencia de la acción de agentes químicos, físicos y biológicos del medio ambiente (Neville & Brooks, 2010, p. 422).

La durabilidad del concreto hidráulico se define como su resistencia a la acción climática (meteorización), a la abrasión y a los ataques químicos. De tal forma un concreto durable debe conservar su forma inicial, su calidad y sus propiedades al estar expuesta al medio ambiente (AC1, 201, p 2).

Mayormente el deterioro del concreto está relacionado con su permeabilidad y porosidad, características que determinan el transporte de fluidos al interior de las estructuras. Además, estos fluidos deben contener una concentración mínima de compuestos químicos como: dióxido de carbono, cloruros, sulfatos y ácidos; los dos primeros en conjunto con el oxígeno y la humedad ocasionan la corrosión del acero de refuerzo mediante un proceso electroquímico (Soutsos, 2010, p. 568).

Según Chandra (como se citó en Rendón, 2019, p. 201), Las estructuras de concreto construidas en ambientes corrosivos, Empiezan a deteriorarse a partir de 20 a 30 años, a pesar de que su vida de servicio ha sido diseñada para más de 50 años. Las principales lesiones que afectan a las estructuras son: desintegración, fisuras, grietas, desprendimientos, eflorescencias y erosión.

Es por ello que hoy en día se realizan diferentes investigaciones innovando la incorporación o sustitución del cemento portland con distintos materiales, tales como: cenizas volantes, humo de sílice, escorias, puzolanas naturales, carbonatos, etc. Con el fin de buscar reducir el uso de recursos naturales, disminuir las emisiones de dióxido de carbono y buscar concretos ecológicos más resistentes y durables.

Bautista, Díaz y Martínez (2017), caracterizaron las cenizas volantes de la planta termoeléctrica Termopaipa IV, ubicada en la región Boyacá, Colombia. Los investigadores descubren el potencial de la CV para ser empleado en la producción de cemento portland, principalmente por la presencia de hasta un 70% de aluminosilicatos amorfos, compuestos que reaccionan eficazmente con los hidróxidos de calcio.

Por otro lado, Bahedh y Jaafar (2018), elaboraron un hormigón de ultra alto rendimiento utilizando cenizas volantes como remplazante del cemento portland, obteniendo sus mejores resultados en las muestras con el 40% FA, además de una relación directa con su resistencia a la compresión y trabajabilidad e inversamente proporcional a su permeabilidad.

Así mismo Silva, Rojas, Gamboa, Gordillo y Delvasto (2019), en su investigación demostraron que el uso de cal hidratada como remplazo del cemento portland en proporciones de 6,6 a 10% se logra llegar a la resistencia de diseño y eleva sus propiedades a edades tempranas del concreto.

Es por ello que la presente investigación formula como **problema principal**: ¿cuáles son los efectos del óxido de calcio y cenizas volantes en la resistencia a la compresión y porosidad del concreto 210 kg/cm²?

Así mismo esta investigación se justifica ya que se pretende diseñar un tipo de concreto que sea capaz de mejorar o mantener las misas características del concreto patrón, al remplazar parcialmente el cemento portland por óxido de calcio o cenizas volantes, así mismo se evidenció que estos dos insumos mejoran la durabilidad del concreto, es decir mejoran su resistencia a los agentes ambientales a la cual está expuesto. De ser posible esto contribuirá al sector construcción en: disminuir los costos de reparación y mantenimiento a estructuras que aún no logran su tiempo de vida útil, reducir los costos de producción de concretos debido a la sustitución parcial del cemento portland por aglomerantes más económicos y contribuir con el ambiente al reducir la emisión de CO₂ producto de la fabricación de cemento.

Así mismo este estudio se traza como **objetivo general**, determinar los efectos del óxido de calcio y cenizas volantes en la resistencia a la compresión y porosidad del concreto 210 kg/cm². Para ello se afianzo de los siguientes **objetivos específicos**: determinar las características del agregado fino y grueso, calcular el diseño de mezclas para un concreto 210 kg/cm², preparar el concreto 210 kg/cm² remplazando parcial el cemento portland por el óxido de calcio y cenizas volantes, medir la resistencia a la compresión del concreto (f_c), a los 7, 14 y 28 días y medir la porosidad (cantidad de vacíos) del concreto 210 kg/cm² a los 28 días.

Como **hipótesis** se formula que: El óxido de calcio y cenizas volantes mejoran notablemente la resistencia a la compresión y porosidad del concreto 210 kg/cm².

II. MARCO TEÓRICO

Angulo, Valencia y Mejía (2020). En su investigación titulada, *Concretos álcali-activados basados en cenizas volantes y escorias siderúrgicas de alto horno*, tuvo como objetivo principal evaluar los efectos de la cenizas volantes (FA) y escorias siderúrgicas de alto horno (GBFS) en la resistencia a compresión, absorción de agua y permeabilidad a cloruros del concreto, fue un estudio aplicado y experimental, donde los investigadores usaron cuatro tratamientos, uno con el 100% de cemento portland (muestra patrón), la segunda con 80% de GBFS y 20% de cemento, la tercera con 80% de GBFS y 20% de cemento más el 3% de hidróxido de sodio y la cuarta muestra con el 80% de FA y 20% de GBFS más el 7.15% de hidróxido de sodio. Como resultados obtuvieron que la mayor resistencia a la compresión la obtuvo la muestra FA/GBFS con 43 Mpa y la muestra de control obtuvo 31 Mpa, por otro lado en el ensayo de absorción de agua el mejor resultado lo presentó la muestra cuatro con un 10% más bajo en relación a la muestra patrón.

Prakah, Thenmozhi, Raman y Subramanian (2020), en su estudio *Concreto reforzado con fibras de cascara de coco, cenizas volantes y fibra de polipropileno*. Su objetivo principal fue investigar el efecto del polipropileno, cenizas volantes y cascara de coco sobre las propiedades mecánicas del concreto. Fue un estudio aplicado y experimental, en donde se emplearon 2 grupos, uno de ellos con el 100% de cascara de coco (CSF), y la otra con el 50% (CSP) de la misma como sustituto del agregado grueso, en ambos grupos se le aplicó el 10% de CV como sustituto del cemento portland, además a cada grupo se usaron 4 proporciones de fibra de polipropileno (0.25%, 0.5%, 0.75% y 1.0%). Como resultados obtuvieron que la mayor resistencia a la compresión fue de 36.8 Mpa y 40.4 Mpa para los grupos CSF y CSP respectivamente, ambos con el 0.5% de fibra de polipropileno. Concluyendo que la fibra de coco no mejora la resistencia a la compresión del concreto, todo lo contrario, con la fibra de polipropileno que aumenta su resistencia hasta en un 10%.

Asad et al. (2020), en su investigación titulada *Efecto del activador de sulfato sobre las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto que incorpora cenizas volantes bajas en calcio*. Tuvo como objetivo principal evaluar las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto incorporando activador de sulfato y ceniza volante. Fue un estudio aplicado y experimental, en donde se sustituyó el cemento portland por cenizas volantes en 3 muestras, con: 20%, 40% y 60%, además se incorporó el 2% de sulfato Sódico (Na_2SO_4), las pruebas de resistencia a la compresión y flexión se llevaron a cabo a 3, 28 y 90 días, también se realizaron pruebas de durabilidad como: porosidad aparente, coeficiente de sorptividad y penetración de cloruros. Los resultados mostraron un mejor desempeño en la resistencia para las mezclas con 20% y 40% de cenizas volantes, así mismo mostraron menor capacidad de absorción y porosidad que la mezcla de control. De igual forma la penetración de cloruro del concreto con 20, 40 y 60% de ceniza volante fueron notablemente más bajas que el control.

Zhou, et al. (2020), en su investigación titulada *Efecto de las cenizas volantes y la carga de compresión uniaxial sostenida sobre la difusión de cloruro en el concreto*. Tuvo como objetivo determinar los efectos de las cenizas volantes y la carga de compresión uniaxial sobre la difusión de cloruros en el concreto. Fue un estudio aplicado y experimental, trabajando con 2 niveles de sustitución de cenizas volantes (FA) con 15% y 30%, y un control FA0 con el 100% de cemento portland. Como resultado de la resistencia a la compresión se tuvo 34,77 Mpa para FA0; 37,67 Mpa en FA15 y 36,43 Mpa en la mezcla FA30, en cuanto a la concentración de iones de cloruros se tuvo que a 25-30 mm de profundidad del concreto la muestra de control FA0 presento 0.21%, mientras que la muestra FA30 presento 0.03%. En conclusión, la adición de cenizas volante mejora las propiedades mecánicas del concretos recomendando hasta un máximo de 30% y un óptimo del 15%, así mismo la FA reduce la penetración de los cloruros en el concreto y por ende aumenta su durabilidad.

Benavidez D. y Benavidez C (2021). En su investigación titulada, *caracterización de ladrillo de concreto con cal hidratada y plástico PET reciclado*. Tuvo como objetivo principal, determinar las características del ladrillo sólido de concreto con la adición de cal hidratada y plástico PET reciclado. Fue un estudio aplicado y experimental en donde los investigadores prepararon 3 tratamientos con cal hidratada (3, 6 y 9%) y 3 con PET reciclado (3, 6 y 9%), teniendo un total de 6 muestras y un control, el estudio se realizó con un concreto 175 kg/cm², en donde evaluaron su resistencia a la compresión y al corte, teniendo como resultados que la mayor resistencia a los 28 días fue de 230.17 kg/cm² perteneciente a la muestra con el 3% de cal hidratada, mientras que la muestra patrón obtuvo 225.23 kg/cm². Concluyendo que la cal hidrata mejora la resistencia a la compresión del concreto hasta en un 5%, recomendando dosis de 3 al 5% de cal hidratada.

Gnanaraj, Chokkalingam, Thankam y Pothinathan (2021), en su investigación *propiedades de durabilidad del concreto autocompactante desarrollado con cenizas volantes y polvo de esteatita natural ultrafino*. Tuvo como objetivo principal estudiar el efecto de la esteatita y las cenizas volantes sobre las diversas propiedades de durabilidad del concreto autocompactante. Fue un estudio aplicado y experimental, en donde la ceniza volante (FA) reemplaza parcialmente al cemento en 10% y 20% en peso, en ambos casos se agregaron esteatita natural ultrafina (UFNSP) en 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en peso. Obteniendo 13 muestras en la cual se evaluó su durabilidad mediante estudios como la absorción de agua, la porosidad efectiva, la sorptividad, la penetración rápida de cloruros y la difusión a granel. Logrando como resultado que las muestras con mayor contenido de FA y UFNSP presentaron muy baja penetración de iones cloruro así mismo se apreció una disminución del 40% en la absorción de agua y % de porosidad en comparación a la muestra patrón, concluyendo que el uso de ceniza volante y esteatita mejoran notablemente las propiedades de durabilidad del concreto siendo el óptimo el 20 % de FA y de 10% al 20% de UFNSP.

Ali, Safdar, Kurda y Alyousef (2021), en su investigación titulada *Efectos sinérgicos de las cenizas volantes y las fibras de acero en forma de gancho sobre las propiedades de resistencia y durabilidad del concreto con agregado reciclado de alta resistencia*. Tuvo como objetivo de investigación estudiar los efectos de la ceniza volante (FA) y fibras de acero enganchadas (HSF) sobre la durabilidad y rendimiento del concreto con áridos reciclados (RC). Fue un estudio aplicado y experimental, para este experimento se trabajó con dos familias I con 100% de agregado natural y II con 0% de agregado natural sustituido por el reciclado, en cada familia se aplicó 0, 15 y 30% FA, y cada una de ella con 0; 0,5 y 1% HSF, teniendo un total de 9 muestras por familia. Los resultados obtenidos mostraron que la resistencia a la compresión fue mayor en la familia I con un promedio de 66,83 Mpa y para la familia II un promedio de 57,53 Mpa, además se resalta que en ambas familias la mayor resistencia fue a la mezcla FA15-HSF1 con valores de 75 y 64,9Mpa para familias I y II respectivamente, y la menor resistencia la obtuvo la muestra FA30-HSF0 con valores de 64,9 y 53,9Mpa respectivamente, por otro lado la durabilidad del concreto se determinó mediante los ensayos de absorción de agua (%), penetración de cloruros (mm) y resistencia al ataque ácido (% pérdida de masa) obteniendo valores de 3,67%, 11,3mm y 7% respectivamente en la muestra N/FA15/HSF0. El estudio resalta que el uso de cenizas volantes mejora notoriamente las propiedades mecánicas y de calidad en el concreto, recomendando una dosis del 15% FA.

Rendón, Martínez M., Martínez V. y Pérez (2019), en su investigación titulada *Durabilidad del concreto con diferentes dosis de ceniza volante activa*, tuvieron como objetivo de investigación, mejorar la durabilidad del concreto utilizando diferentes dosis de ceniza volante activa, fue un estudio aplicado y experimental, en este trabajo se sustituirá el cemento CPC 40 por ceniza volante en 5 mezclas diferentes (0, 30, 50, 65 y 75%), se empleó una relación agua-Cemento de 0.35, para lograr trabajabilidad en la mezcla se utilizó reductores de agua y aditivo fluidizante, Obteniendo como resultados que la velocidad ultrasónica máximo fue de 4450 m/s y la mínima de 4200

m/s pertenecientes a las muestras M3 y M4 respectivamente, en el ensayo de resistividad, presento un valor máximo de 140 K Ω .cm en M4 y mínimo de 75 K Ω .cm en M5, por otro lado, la PRC máxima resulto de 1200 C en M1 y mínima de 250 C en M4, por último, la mayor F'c fue de 60 Mpa en M2 y la menor fue para M5 con 35 Mpa. Concluyendo la eficiencia de las cenizas volantes para mejorar las características mecánicas y de durabilidad según los resultados se recomienda usar proporciones de 30 a 65 % superiores a esta afectan directamente la resistividad a la compresión.

Ferreira F., Ferreira G., Silva y Da Costa (2018), en su *Estudio de la influencia de cal hidratada en la permeabilidad del concreto*. Tuvo como objetivo determinar la contribución de la cal hidratada en la permeabilidad del concreto. Fue un estudio aplicado y experimental. Para esta investigación se emplearon 3 muestras con 0%, 20% y 50% de cal hidratada combinadas con relación agua/aglutinante de 0,4; 0,5 y 0,6; la medición de la permeabilidad se realizó mediante la absorción de agua por inmersión, tomando lectura de la masa del cuerpo a las 72 Horas. Como principal resultado se obtuvo que el mayor % masa de agua penetrada fue en el grupo de control T1(0% cal y 0,6 relación agua aglutinante) de 33,4 %, y el menor lo obtuvo el T7(50 % Cal y 0.4 relación agua aglutinante) de 10,7. Demostrando que la cal hidratada mejora hasta en un 30 % la permeabilidad del concreto.

Anjos, Camoes, Campos, Azeredo y Ferreira (2020), en su investigación titulada *Efecto de las cenizas volante de alto volumen y el metacaolín con y sin cal hidratada sobre las propiedades del concreto autocompactante*. Tuvo como objetivo evaluar la ganancia de hidratación y resistencia a la compresión del concreto autocompactante con bajo contenido de cemento sustituido por ceniza volante y metacaolín con y sin cal hidratada. Fue un estudio aplicado y experimental, donde las muestras se dividieron en 2 grupos con 500 y 400 kg/cm³ de ligante, para el B500 se utilizó de 300 a 250 Kg/m³ de ceniza volante (FA) y 100 kg/m³ de metacaolín (MK), por otro lado, en B400 se empleó de 200 a 240Kg/cm³ de FA y 80 Kg/cm³ de MK. Como

resultado se obtuvo que las muestras con presencia de cal hidratada arrojaron valores altos de resistencia a la compresión con relación a las muestras sin cal hidratada, en promedio de 52,4 y 37,1 Kg/cm² para muestras B500 FAHL y FAMHL respectivamente, por otro lado, las muestras sin contenido de ML presentaron un 20% y 18% mayor resistencia a la compresión que las muestras con ML. Concluyendo que el contenido mínimo de 5% de cal en la mezcla mejora a temprana edad la resistencia a la compresión hasta un 50%, los contenidos altos de MK y FA tienen efectos beneficiosos sobre el concreto ya que mejoran sus propiedades de auto compactación sin la presencia de súper plastificante.

Lertwattanakul y Makul (2021). En su estudio, *Influencia de los residuos de carbonato de calcio molidos en las propiedades del concreto verde autocompactante preparado con ceniza de bagazo de baja calidad y ceniza de cáscara de arroz*, teniendo como objetivo principal evaluar las propiedades mecánicas de concreto autocompactante ecológico elaborado con la sustitución del cemento portland por carbonato de calcio (GCW), cenizas de bagazo (BA) y cenizas de cascara de arroz (RHA). Fue un estudio aplicado y experimental, en donde los investigadores realizan una triple combinación de GCW (10 y 20% en peso), BA (10, 20 y 30% en peso) y RHA (20% en peso), teniendo un total de 16 tratamientos. Los principales resultados demostraron que la mayor resistencia a la compresión a los 28 días de curado la presentan las muestras B0R20G10 y B0R20G20 con 62.41 Mpa y 59 Mpa, mientras que la muestra patrón presentó 49 Mpa. Concluyendo que el carbonato de calcio mejora la resistencia a la compresión del concreto hasta en un 20%.

Silva, Rojas, Gamboa, Gordillo y Delvasto (2019), en su investigación denominada *optimización de la resistencia a la compresión del concreto ternario usando residuos de mampostería y cal hidratada*. Se tuvo como objetivo evaluar el desempeño de los residuos de mampostería y cal como material sustituto al cemento portland para la producción de concretos. Fue un estudio aplicado y experimental. Esta investigación realizó la combinación

de los residuos de mampostería (RM) y cal hidratada (CAL) en 10 muestras a distintas proporciones para un concreto de relación a/c 0,4; evaluaron como principales características la resistencia a la compresión y permeabilidad. Obteniendo como resultados que la mayor resistencia a la compresión fue para M6 (3,4% CAL y 13 % RM) de 30.5 Mpa y la menor para M10 (20% CAL y 0% RM) de 20 Mpa, mientras que el % de absorción del agua fue mayor en la M7 y M10 de 6,23% y 7.12% respectivamente y la menor fue para M5 y M8 de 5,33% y 5,79% respectivamente. Concluyendo que la cal hidratada mejora ligeramente la impermeabilidad en el concreto en una dosis de 6,6 % a 10% como sustituto del cemento portland.

Adesina y Olutoge (2019), en su estudio *Propiedades estructurales del concreto sostenible utilizando cenizas de cascara de arroz (RHA) y cal hidratada*. Su objetivo principal es desarrollar un concreto sostenible incorporando cenizas y cal en la mezcla de cemento. Este estudio es aplicado y experimental, se mezclaron RHA y cal y se usaron como remplazo del cemento convencional en porcentajes de 5,10,15,20 y 25 %; distribuidos en 2 series (serie 1 RHA: CAL = 1:2 y serie 2 RHA: CAL= 1:1). Obteniendo como resultados la resistencia a la compresión máxima a los 28 días de 41,0 Mpa para el grupo de control y mínima de 29,5 Mpa para la muestra RHA-L-25% perteneciente a la serie 2. En conclusión, la combinación de RHA y CAL como sustitución del cemento alcanzo resultados satisfactorios para ser empleado en la construcción de estructuras, recomendando una sustitución de 5 a 10% con una relación RHA: CAL =1:1.

Kumar et al. (2020), en su estudio, *Propiedades frescas, de resistencia y microestructura del concreto geopolimérico que incorpora cal y humo de sílice como reemplazo de las cenizas volantes*. Tuvo como objetivo, evaluar el efecto de uso de cal (LM) y humo de Sílice (SF) como remplazo de las cenizas volantes. Fue un estudio aplicado y experimental, donde se emplearon 10 muestras que va desde el 6% hasta el 13% de cemento remplazado por LM y SF. Se obtuvo como resultado una mayor resistencia en la M5 (7,5% LM y 2% SF) de 64.4 Mpa y la menos se dio en la M7 (10%

LM y 1% SF) de 40 Mpa. Concluyendo que el uso de LM y SF satisface notoriamente las características estructurales de un concreto convencional, teniendo en cuenta que el porcentaje de ML y SF a utilizar debe estar relacionado al tipo de estructura a diseñar.

Huaquisto y Belizario (2018), en su investigación titulada, *Uso de las cenizas volante en el concreto como sustituto del cemento*. Teniendo como objetivo, determinar el porcentaje de ceniza volante a utilizar en la dosis de mezcla de concreto sin disminuir la resistencia del mismo. Fue un estudio aplicado y experimental, consintió en el remplazó del cemento por 2,5%; 5,0%; 10,0% y 15,0% de ceniza volante. Como resultados se obtuvo que a los 28 días la resistencia a la compresión fue de 223kg/cm², 231kg/cm², 200kg/cm² y 192kg/cm², para los tratamientos con 2,5%; 5,0%; 10,0% y 15,0% respectivamente. Concluyendo que las cenizas volantes mejor notablemente la resistencia a la compresión del concreto, recomendando valores de 5 al 10%.

Pajuelo (2018), en su estudio, *Resistencia del concreto sustituyendo el cemento por la combinación de cal y arcilla*, su objetivo principal fue determinar la cantidad adecuada de cal y arcilla que sustituyendo al cemento portland para mejorar su resistencia a la compresión. Para este trabajo se emplearon 9 muestras, combinadas en 3 dosis de cal y 3 dosis de arcilla. Es sus resultados obtuvo que las muestras que más se acercaron a la resistencia de diseño fueran la C2, C3, C5 y C7 con valores de 226, 213, 237.22 y 222.09 Kg/cm² respectivamente, siendo C1 la muestra de control con 212 kg/cm². En conclusión, se recomienda utilizar dosis de cal de 10 a 12% y en arcillas máximo hasta 9%, valores superiores reducen notablemente la resistencia.

Bases teóricas:

El concreto es un compuesto producto de la combinación de arena, grava o roca triturada, unidos entre sí por una pasta hecha de cemento y agua. En ocasiones se incorpora aditivos para mejorar o cambiar ciertas propiedades del concreto, tales como trabajabilidad, tiempo de fraguado, permeabilidad entre otros (Mc Cormac y Brown, 2011 p. 1). En la figura 1 se aprecia el porcentaje de participación de cada componente.

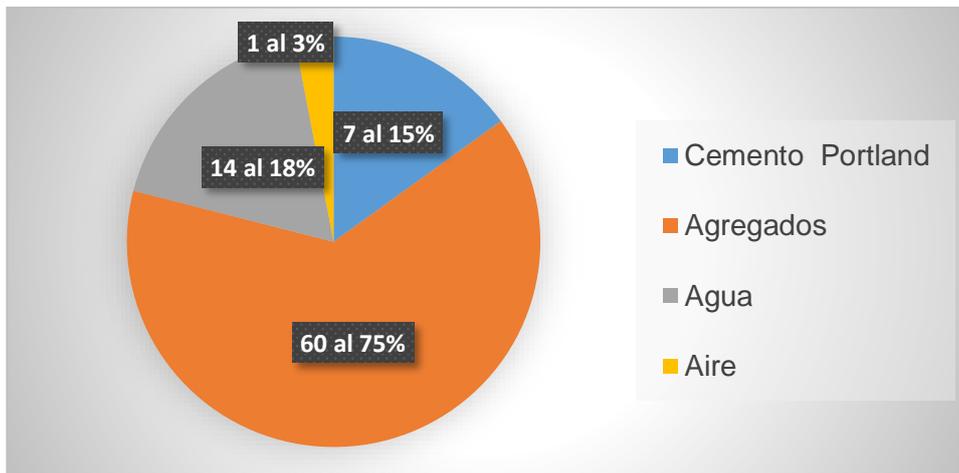


Figura 1. Porcentaje de participación de los elementos del concreto.
Fuente: Abanto, 2017

La durabilidad, es la capacidad del concreto para perdurar con el tiempo la acción del clima, ataques químicos, la abrasión, etc. En pocas palabras un concreto expuesto al medio ambiente debe conservar su forma, su calidad y propiedades, durante su vida de servicio (Comité ACI-201 p. 2)

La durabilidad del concreto está directamente relacionada con las condiciones ambientales a las cuales está expuesto, los daños tienen origen físico, mecánico o químico (Sánchez, 2001 p. 149).

Por otro lado, Mc Cormac y Brown (2011) afirman que la resistencia a la compresión del concreto también se debe establecer por condiciones ambientales, como: el congelamiento-deshielo y la exposición a sales y sulfatos, esto implica que los requisitos por durabilidad en comparación a

soportar cargas determinen una mayor resistencia a la compresión y menor relación agua cemento. Es por ello que el proyectista debe definir si el diseño del concreto prevalece los requisitos por durabilidad o solicitud de cargas (p. 16).

La durabilidad del concreto está directamente relacionada con la porosidad y su permeabilidad características que determinan el ingreso de fluidos al interior del mismo.

Para Abanto (2017, p. 49), **los factores que afectan la durabilidad del concreto son:**

- Ambiente al cual está expuesto como: congelación, ambientes marinos, gases, suelos húmedos, sustancias disueltas en el agua o en contacto directo.
- La calidad de los materiales (cemento, agregados, agua). Por ejemplo, si se utiliza un tipo de cemento no apto para zonas expuestas a sulfatos, dará lugar al deterioro gradual del concreto.
- Condiciones de servicio: un ejemplo muy claro es el cambio de uso de la estructura para la cual no fue diseñada, lo cual conlleva al deterioro por sobrecargas, impactos, rozamiento, vibraciones, etc.
- El mantenimiento de la estructura: inmediatamente la estructura entre en funcionamiento, en paralelo debe iniciarse la etapa de mantenimiento.

La permeabilidad es la facilidad con la que los líquidos y gases pueden transitar a través del concreto. Esta característica es importante en relación a la hermeticidad de las estructuras para evitar el ataque de agentes químicos (Neville & Brooks, 2010 p. 202).

Por otro lado, Abanto (2017) define a la permeabilidad como la capacidad del concreto para resistir a la penetración de agua u otras sustancias (gases, líquidos, iones, etc.). es por ello que la permeabilidad está directamente

relacionada a la vulnerabilidad del ataque de muchas sustancias que lo pueden deteriorar.

La permeabilidad del concreto depende de la pasta de cemento, los áridos y la mala vibración en su colocación.

Por lo general el concreto no es atacado por sustancias químicas sólidas y secas, para deteriorarlo estas debe estar en solución y contener una concentración mínima. Además, se vuelve más vulnerable cuando se ejerce presión sobre alguna de sus superficies, ya que la presión tiende a forzar la penetración de la solución al interior del concreto (Sánchez, 2001 p. 154).

Los principales ataques químicos que sufre el concreto se presentan continuación:

Ataques por ácidos. - Ningún cemento portland resiste al ataque de ácidos. En medios húmedos, el dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂) y otros vapores presentes en la atmosfera, forman ácidos que atacan al concreto específicamente en la pasta de cemento hidratada, produciendo una masa suave y muy débil (Neville & Brooks, 2010 p. 208).

Ataque por sulfatos. - el concreto atacado por sulfatos por lo general presenta manchas blanquecinas, por lo regular, comienza en los bordes y esquinas, seguido de grietas y astillamiento del concreto. Esto se debe a la aparición de sulfato de calcio (yeso) y sulfoaluminato de calcio (estringita), remplazando a los componentes del concreto, por lo que dan lugar a la expansión y fractura (Neville & Brooks, 2010 p. 206).

En la tabla 1, se aprecia 4 categorías o niveles de exposición del concreto a sulfatos y cada categoría presenta requerimientos mínimos.

Tabla 1. Requisitos para el concreto según nivel de exposición a sulfatos.

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO ₄) presente en el suelo, porcentaje en peso	Sulfato (SO ₄) en el agua, ppm	Tipo de cemento	Relación máxima agua-cemento (en peso)	f'c mínima (MPa) para concretos de peso normal y ligero
Insignificante	$0,0 \leq S_{04} < 0,1$	$0 \leq S_{04} < 150$	–	–	–
Moderado	$0,1 \leq S_{04} < 0,2$	$150 \leq S_{04} < 1500$	Tipo II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0,50	28
Severo	$0,2 \leq S_{04} < 2,0$	$500 \leq S_{04} < 10000$	Tipo V	0,45	31
Muy severo	$2,0 < S_{04}$	$10000 < S_{04}$	Tipo V más puzolana	0,45	31

Fuente: RNE E.060, 2019

Un estudio realizado en la ciudad de España brinda una idea de los principales problemas que enfrenta la durabilidad: 39 % es ocasionado por la construcción, 16% por los materiales y 45% por el diseño (Del Rosal, 2017 p. 21)

Resistencia a la compresión de concreto, es la propiedad más importante del concreto, se manifiesta en unidades de esfuerzo, generalmente en kg/cm², la forma para medir la resistencia del concreto es mediante pruebas mecánicas destructivas. Para este tipo de ensayo se pueden utilizar tres tipos de especímenes: cilindros, cubos y prismas (Sánchez, 2001 p. 138).

El incremento de la resistencia a la compresión del concreto al 90% se manifiesta en los 14 primeros días después de su colocación, ascendiendo gradualmente con el paso del tiempo, llegando al 99% a los 28 días, posteriormente seguirá ganando resistencia, pero en forma mínima (ver figura 2)

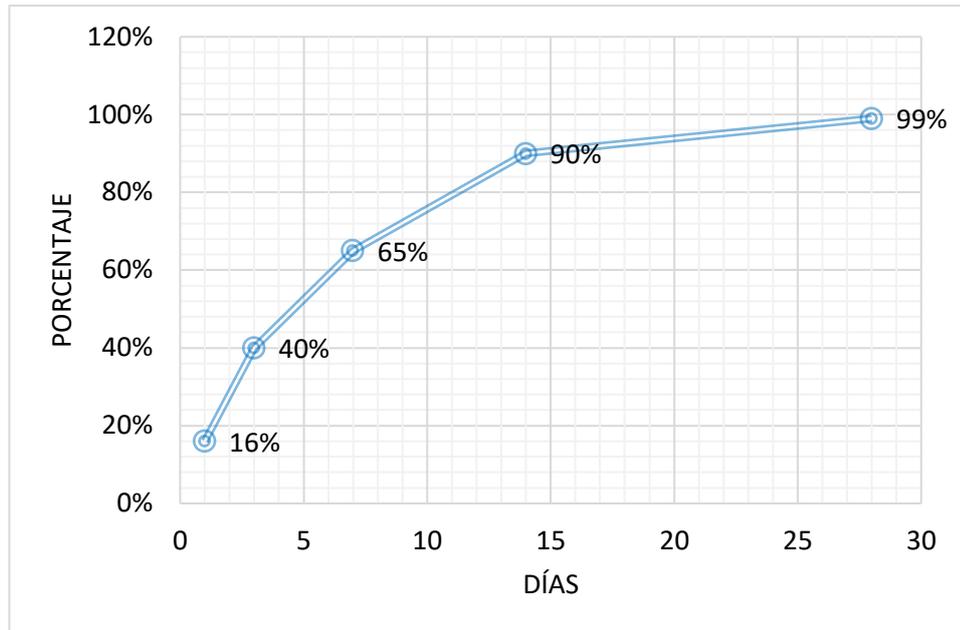


Figura 2. Evolución de la resistencia del concreto con la edad.
Fuente: Abanto, 2017.

El ensayo de resistencia a la compresión se determina de acuerdo a los procedimientos estipulados en la norma ASTM C39. Un esquema del instrumento y configuración se muestra en la figura 3 (a), y una foto de la configuración real se muestra en la figura 3 (b).

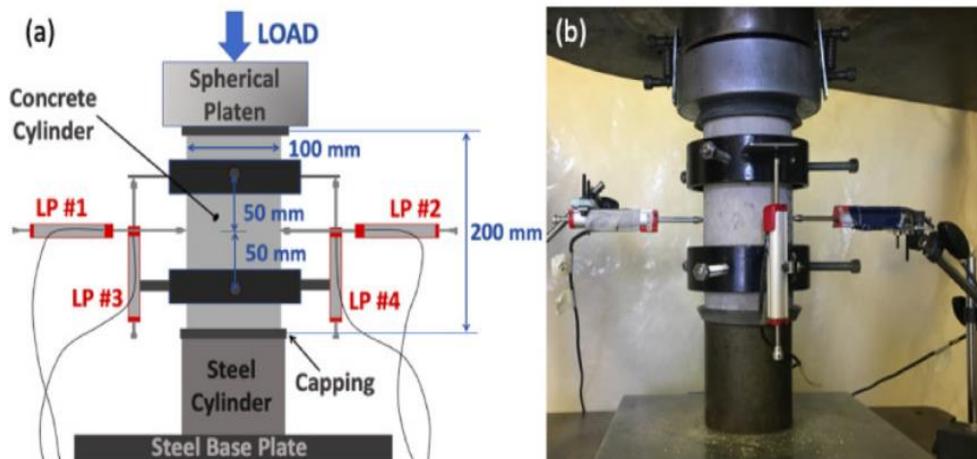


Figura 3. (a) Esquema; (b) configuración de prueba real.
Fuente: Hansen y Sadeghian, 2020.

Cenizas Volantes, Son residuos obtenidos por la combustión de hornos alimentados con carbón en una central termo eléctrica, estas partículas son captadas por precipitación electrostática o mecánica. Las cenizas volantes son puzolanas de origen sílice y calcárea y poseen propiedades hidráulicas (Sanjuan y Chinchon, 2014 p. 30).

Las cenizas volantes se categorizan de acuerdo al tiempo de calcinación de una hora, estos grupos están definidas en la norma UNE-EN 450-1:2013:

- Grupo A: $\leq 5,0\%$ en masa.
- Grupo B: $\leq 7,0\%$ en masa.
- Grupo C: $\leq 9,0\%$ en masa.

En las tablas 2 y 3 se detalla las propiedades y composición química, respectivamente de las cenizas volantes.

Tabla 2. Composición química de la ceniza volante (% en masa).

Componente	Ceniza volante
SiO ₂	35-53
Al ₂ O ₃	21-30
TiO ₂	0,7-1,5
P ₂ O ₅	0,1-0,8
Fe ₂ O ₃	6-12
Mn ₂ O ₃	0,1-0,4
CaO	33-48
MgO	2-13
Na ₂ O	2-1,2
K ₂ O	0,4-1,3
SO ₃	0,0-0,2
S ⁼	0,5-1,8

Fuente: Sanjuán y Chinchón, 2014.

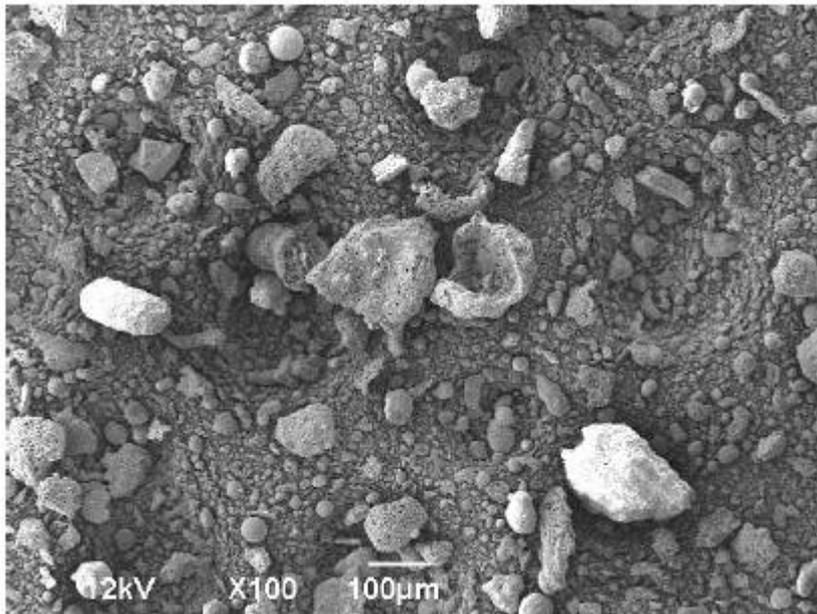


Figura 4. Micrografía de la ceniza volante, tomada mediante un microscopio electrónico de barrido.

Fuente: Aperador, Bautista y Delgado (2015).

Tabla 3. Propiedades de las cenizas volantes.

Propiedades	Valor
Color	Gris
Gravedad específica	0,76
Diámetro de la partícula	50-500 µm
Absorción de agua	15%
Humedad específica	Nula
Densidad aparente en condiciones sueltas	455 kg/m ³
Densidad aparente en estado compactado	505 kg/m ³

Fuente: Majhi, 2021.

Cal, se obtiene mediante la descomposición de las rocas calizas (CaCO_2), calcinada a temperaturas superiores a los 900°C , el óxido de calcio (CaO), también es conocido como cal viva, es producto sólido de color blanco que reacciona violentamente con el agua (Sanjuán y Chinchón, 2014 p. 14). Después de hidratarse la cal viva se genera el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

llamado también cal hidratada, en la tabla 4 se detalla las propiedades físicas y químicas del óxido de calcio.

Tabla 4. Composición química de la cal viva industrial.

Composición química por XRF (% en peso)							
CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	SrO	LOI
91.2	1.6	1.1	0.6	0.4	0.1	0.1	5.0

Fuente: Kang, Kwon y Moon, 2021

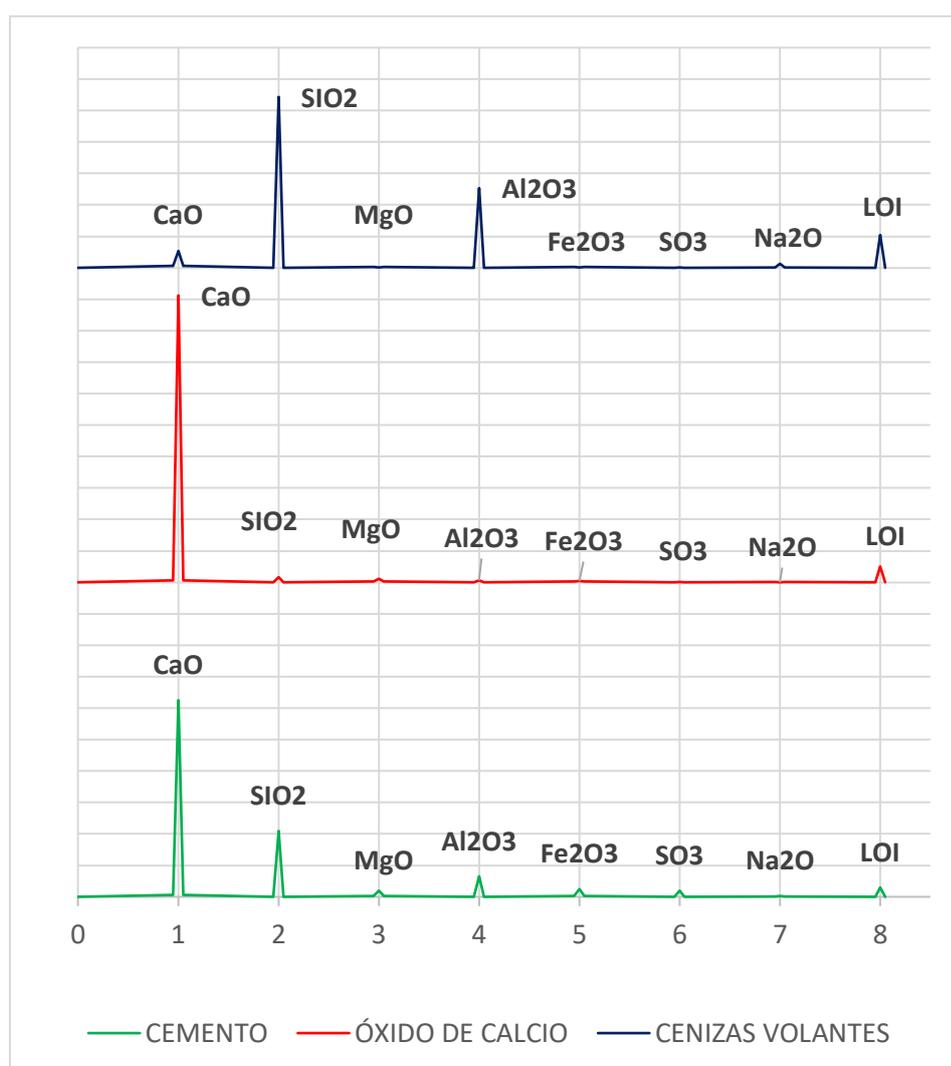


Figura 5. Niveles de composición química del cemento, OC y CV.
Fuente: Kang, Kwon y Moon, 2021 y Huaquisto y Belizario, 2001.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación:

Se clasifica de acuerdo a lo propuesto por CONCYTEC (El Peruano, 2017, p. 135): es del tipo aplicada, porque la investigación está dirigida a resolver una necesidad reconocida y específica, a través del conocimiento existente (metodología, protocolos y/o tecnologías).

Diseño de investigación:

Para Hernández, Fernández y Baptista (2014 p. 129), clasifican el diseño de investigación en 2 grandes familias, los diseños experimentales y no experimentales. Siendo esta investigación experimental puro o verdadera, por emplear como mínimo dos grupos de comparación: uno de control y otro de tratamiento, lo que implica manipular el grupo tratamiento para medir sus efectos y compararlos con el grupo de control.

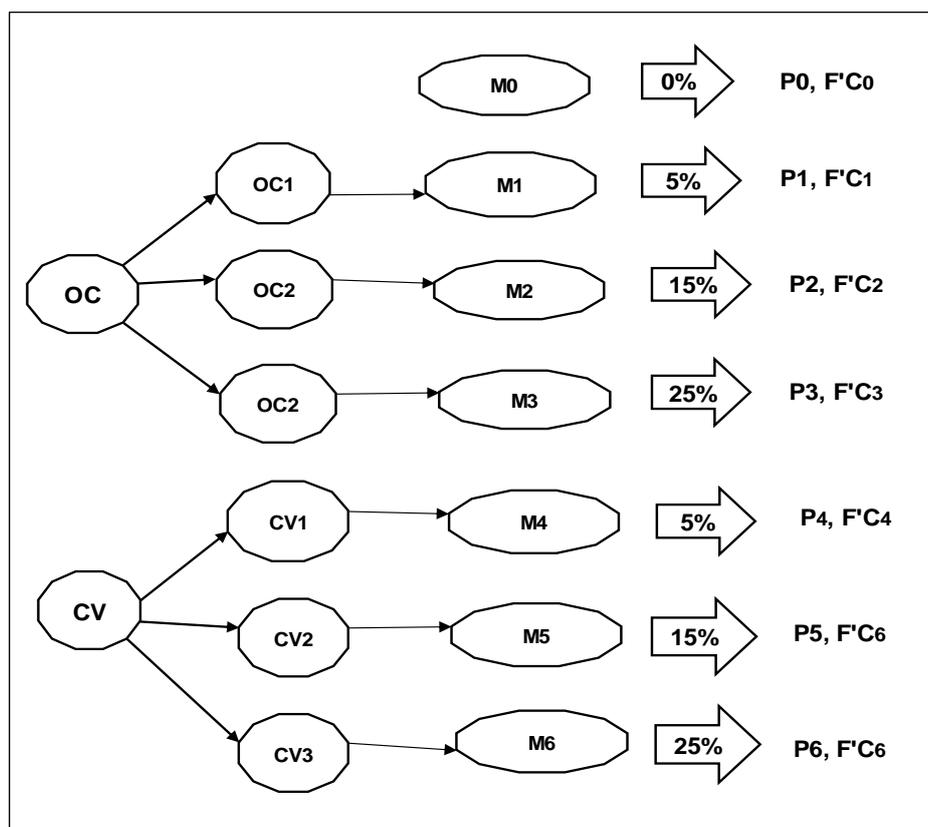


Figura 6. Esquema experimental.

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

OC: Oxido de calcio ($OC_1=5\%$, $OC_2=15\%$ y $OC_3= 25\%$)

CV: Ceniza volante ($CV_1=5\%$, $CV_2=15\%$ y $CV_3=25\%$)

M0: Muestra patrón.

M1, M2, M3, M4, M5 Y M6: Muestra experimental.

P0, P1, P2, P3, P4, P5 Y P6: Resultados de ensayo de porosidad.

F'C0, F'C1, F'C2, F'C3, F'C4, F'C5 Y F'C6: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión.

3.2. Variables y operacionalización

Variable dependiente:

VI-1: Óxido de calcio

VI-2: Cenizas volantes

Variable dependiente:

VD-1: Resistencia a la compresión (kg/cm^2)

VD-2: Porosidad (%)

3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis.

3.3.1. Unidad de estudio

Será través de testigos (probetas) cilíndricas de concreto de 15 cm x 30 cm, con una resistencia de diseño de 210 kg/cm^2 .

3.3.2. Población

Partiendo de la unidad de análisis que será la probeta de concreto, entonces la población se define como todas las briquetas a estudiar, siendo un total de 63 cilindros de 6" para ensayos de resistencia a la compresión y 7 cilindros de 6" para ensayos de porosidad.

3.3.3. Muestra

La cantidad de muestras a analizar será toda la población en general, siendo estas un total de 70 testigos, además se toma en consideración lo

establecido por la **Norma Técnica peruana 339.183.2013. y MTC E 702 “Elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio”**. En la tabla 5 y 6, se detalla la cantidad de probetas a emplear por tratamiento y ensayo.

Tabla 5. Resumen de probetas para ensayo de resistencia a la compresión.

Muestra	Oxido de Calcio (%)	Ceniza Volante (%)	Ensayos de resistencia a la compresión		
			7 días	14 días	28 días
M₀	-	-	3	3	3
M₁	5.00	-	3	3	3
M₂	15.00	-	3	3	3
M₃	25.00	10.00	3	3	3
M₄	-	5.00	3	3	3
M₅	-	15.00	3	3	3
M₆	-	25.00	3	3	3
TOTAL DE PROBETAS			63		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Resumen de probetas para ensayo de porosidad.

Muestra	Oxido de Calcio (%)	Ceniza Volante (%)	N° probetas	N° Muestras
M₀	0	0	1	2
M₁	5	0	1	2
M₂	15	0	1	2
M₃	25	0	1	2
M₄	0	5	1	2
M₅	0	15	1	2
M₆	0	25	1	2
TOTAL DE PROBETAS			7	14

Fuente: Elaboración Propia

3.3.4. Muestreo

Debido a la naturaleza y condiciones de la muestra, se realizó un muestreo **no probabilístico**, enfocado en la accesibilidad y criterio del investigador; de tipo intencional ya que la designación de las unidades de estudio está basada en el juicio del investigador buscando que estas representen a la población. (Borjas 2015, p.32).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recopilación de datos.

La toma de datos constituye una diversidad de técnicas, herramientas y procedimientos, su elección debe estar alineada al tema de estudio, estas pueden ser, encuestas, cuestionarios, entrevistas, diagrama de flujo y observación directa, buscando siempre información veraz y de calidad para el tema de estudio (Carrasco 2019, p. 282).

Para el presente estudio será empelado la técnica de la observación directa, donde la recopilación de la información se realiza usando la interpretación, selectiva e ilustrada de los hechos y datos reales de ensayos realizados en laboratorio.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los datos obtenidos serán registrados en fichas, que vienen a ser documentos de carácter normativo, codificados de la siguiente forma:

- **Ficha UCV_RC_001:** “Registro de la resistencia a la compresión”
- **Ficha UCV_P_002:** “Registro de la porosidad (volumen de vacíos) del concreto”

3.5. Procedimientos

Para la ejecución del presente proyecto se cumplirá con las siguientes actividades:

- **Adquisición de insumos:**

El óxido de calcio será adquirido en su forma comercial como cal viva, producto que fue ser comprado en cualquier ferretería.

Las cenizas volantes fueron donadas por la empresa ENGIE, encargada de la central termo eléctrica de Ilo 21, ubicada en el departamento y provincia de Moquegua, distrito de Puerto Ilo, en el anexo 2, se muestra el acta de donación de dicho insumo.

Los Agregados fino y grueso fueron adquiridos de la cantera Arunta, ubicada en el distrito de coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, de la provincia y departamento de Tacna, en el anexo 1 se aprecia el mapa de ubicación de dicha cantera.

- **Ensayos de laboratorio:**

Los distintos ensayos necesarios para la investigación se llevaron a cabo en el laboratorio de mecánica de suelos, concretos y pavimentos, Técnicos Consultores del Sur S.C.R.L. (TECOSUR SCRL), ubicada en Prolongación 2 De Mayo, del distrito, provincia y departamento de Tacna.

Diseño de mezclas: para determinar la dosis de los materiales en un concreto 210 kg/cm², se empleará el método ACI-211, previo a ello se determinará las propiedades físicas y mecánicas de los agregados mediante los siguientes ensayos:

- ✓ MTC E 201: “muestreo para materiales de construcción”, NTP 400.010: Agregados, extracción y muestreo.
- ✓ MTC E 204: “Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos”, NTP 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. ASTM C117.

- ✓ MTC E 205: “Gravedad específica y absorción de agregados finos”, NTP 400.022: Peso específico y absorción del agregado fino.
- ✓ MTC E 206: “Peso específico y absorción de agregados gruesos”, NTP 400.021: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.
- ✓ MTC E 203: “Peso unitario y vacíos de los agregados”, NTP 400.017: método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacíos en los agregados.
- Posteriormente se iniciará con la preparación de las muestras, cuya dosificación para tratamientos de cal viva y cenizas volantes están detalladas en las tablas 6 y 7.
- Inmediatamente de preparada las mezclas se iniciará con los ensayos para determinar la calidad del concreto en estado fresco tales como:
 - ✓ **La temperatura** del concreto en estado fresco se determinó empleando los procedimientos de la norma ASTM C-1064 y NTP 339.184.
 - ✓ **El ensayo de consistencia**, también llamado asentamiento o Slump, se llevó a cabo siguiendo los procedimientos de la norma ASTM C-143 y NTP 339.035.
- Para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio se cumplirá con los lineamientos de la norma: MTC E 702, NTP 339.183 y ASTM C192.
- Ensayos y recolección de datos: como variable de estudio del concreto 210 Kg/cm², el presente proyecto se afianzará en analizar propiedades

como su resistencia a la compresión y porosidad del concreto, mediante los siguientes ensayos normalizados:

- ✓ MTC E 704: “Resistencia a la compresión testigos cilíndricos”, NTP 339.034 y ASTM C39-39M.

- ✓ ASTM C 642: “Método de prueba estándar para densidad, absorción y porosidad (cantidad de vacíos) en concreto endurecido.

- Los datos para la resistencia a la compresión serán recolectados a los 7, 14 y 28 días de edad del concreto, estos datos se registrarán en las fichas: **Ficha UCV_RC_001**, mientras que el ensayo de porosidad será recolectado a los 28 días de edad del concreto y será registrado en la **Ficha UCV_P_002**.

- Finalmente, estos datos serán procesados y analizados, mediante tablas y gráficas.

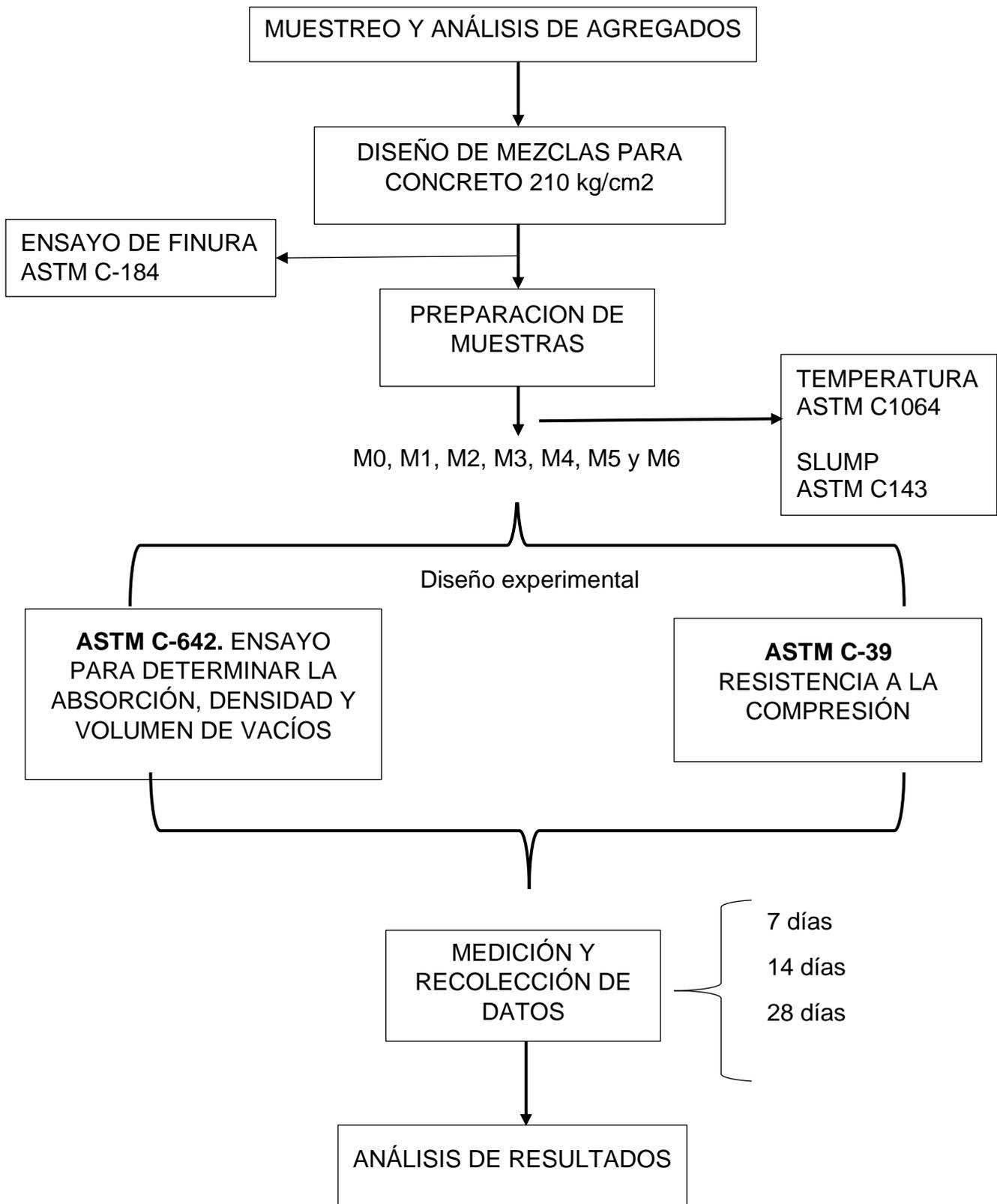


Figura 7. Flujograma del diseño experimental.

Fuente: Elaboración propia

3.6. Método de análisis de datos

Una vez recopilada la información (resultados de los ensayos) a través de fichas, estos serán registrados en plantillas de Excel ya formuladas, para poder determinar los valores de las variables dependientes, posteriormente se hará la comparación, correlación e interpretación de los resultados mediante gráficas y tablas.

Posteriormente mediante el método estadístico del análisis de varianza (ANOVA), podremos comparar los resultados entre sí para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas.

3.7. Aspectos éticos

La presente investigación está enmarcada en ámbito intelectual, toda la información como: teorías, procedimientos, métodos y formulas provienen de fuentes confiables. Las citas y referencias pertenecen a libros, tesis y en su mayoría artículos científicos, cumpliendo con el estilo ISO 690.

Así mismo el presente trabajo garantiza el uso de los insumos (ceniza volante y oxido de calcio) en la calidad y proporciones descritas en la metodología, además de cumplir estrictamente con los procedimientos y ensayos que contemplan las normas ASTM y NTP. La recolección de datos se realizará de manera profesional, garantizando veracidad y calidad de los resultados.

IV. RESULTADOS

4.1. Características de los materiales

4.1.1. Caracterización de los agregados para el concreto 210 kg/cm²

En la tabla N^o7 se resume los valores resultantes de los ensayos de laboratorio tanto para el agregado fino como para el agregado grueso, resaltando la humedad y absorción que fue de 1.31% y 1.53% respectivamente para el agregado fino y para el agregado grueso de 0,98% y 1,08% respectivamente. Así mismo los datos y certificados emitidos por el laboratorio TECOSUR S.C.R.L. se aprecien en los anexos 5 al 10.

Tabla 7. Características de los Agregados.

Características físicas de los agregados		Agregado Fino	Agregado Grueso
Densidad suelta	Kg/m ³	1657	1385
Densidad Compactada	Kg/m ³	1850	1541
Peso específico	g/cm ³	2.640	2.663
Absorción	%	1.53	1.08
Módulo de Fineza		2.7	
Humedad	%	1.31	0.98

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Características de los aglomerantes (cemento portland, óxido de calcio y cenizas volantes)

a. Finura por medio de la malla N^o 200

Siguiendo los procedimientos de la Norma: ASTM C-184 y MTC E-604. Se tiene como resultado que las cenizas volantes presentan una mayor cantidad de finura en sus partículas con un valor de 18.6 %, seguida del cemento portland IP con 37.7 % y por último el óxido de calcio con 64.6 %. En la tabla 8 se aprecia el detalle de dichos resultados.

Tabla 8. Finura por medio de la malla N° 200.

Insumo (aglomerante)	Promedio Finura
Cemento portland IP	37.7%
Óxido de Calcio	64.6%
Cenizas Volantes	18.6%

Fuente: Resultado de laboratorio TECOSUR S.C.R.L.

En la figura 5 se aprecia los niveles de cada sustancia química que componen tanto al cemento, OC y CV, resaltando los niveles de óxido de calcio (CaO), dióxido de silicio (SiO₂) y óxido de aluminio (Al₂O₃), que son de 62.5%, 21% y 6.5% respectivamente para el cemento, de 90%, 1.6% y 0.6% respectivamente para el OC y de 5.4%, 54.32% y 25.32% respectivamente para las CV.

4.2. Diseño de mezclas – Método ACI Comité 211.

Para determinar la dosificación de los materiales necesarios para elaborar un concreto 210 Kg/cm², se utilizó cemento Yura tipo IP, agregado grueso con un tamaño máximo nominal de 3/4" y Slump de 3 a 4", y siguiendo el método ACI 211, cuyos cálculos y certificado de laboratorio se detallan en los anexos 10 y 11 se obtiene los siguientes resultados detallados en la tabla 9.

Tabla 9. Dosificación de materiales en peso y volumen para un concreto 210 kg/cm².

Dosificación	Cemento	Arena	Piedra	Agua
En peso	1	2.25	2.52	0.57
En volumen	1	2	2.73	0.86

Fuente: Resultado de laboratorio TECOSUR S.C.

4.3. Preparación de muestras

En la tabla 10, se muestra la cantidad de materiales empleados en la preparación de 1 m³ de concreto patrón (M0) y tratamientos (M1, M2, M3, M4, M5 y M6) de acuerdo con el diseño de mezclas emitido por el laboratorio TECOSUR S.C.R.L.

Tabla 10. Cantidad de materiales para 1 m³ de concreto.

Muestra	Materiales (Kg/m ³)						
	Oxido de calcio	Cenizas Volantes	Cemento	Piedra 3/4"	Arena	Relación A/C	Agua
M0	0.00	0.00	359.65	908.08	810.48	0.57	206.00
M1	17.98	0.00	341.67	908.08	810.48	0.57	206.00
M2	53.95	0.00	305.70	908.08	810.48	0.57	206.00
M3	89.91	0.00	269.74	908.08	810.48	0.57	206.00
M4	0.00	17.98	341.67	908.08	810.48	0.57	206.00
M5	0.00	53.95	305.70	908.08	810.48	0.57	206.00
M6	0.00	89.91	269.74	908.08	810.48	0.57	206.00

Fuente: Elaboración propia

Para la preparación de las probetas de 6" primero se calculó el volumen de concreto para 11 briquetas, 9 de ellas para ensayos de compresión y 2 para ensayo de porosidad.

El volumen de una probeta de 15 cm x 30 cm es de 0.005301 m³, multiplicada por 10 testigos resulta 0.053 m³, finalmente se consideró un 20% de desperdicio, lo que arroja un volumen de 0.064 m³ de concreto a preparar por muestra. En la tabla 11 se muestra la cantidad de materiales (kg) para las 10 briquetas, en cada una de las 7 muestras.

Tabla 11. Cantidad de materiales para 10 probetas de concreto.

Muestra	Volumen de Concreto (m ³)	Materiales (Kg/m ³)					
		Oxido de calcio	Cenizas Volantes	Cemento	Piedra 3/4"	Arena	Agua
M0	0.064	0.00	0.00	22.88	57.76	51.56	13.10
M1	0.064	1.14	0.00	21.73	57.76	51.56	13.10
M2	0.064	3.43	0.00	19.45	57.76	51.56	13.10
M3	0.064	5.72	0.00	17.16	57.76	51.56	13.10
M4	0.064	0.00	1.14	21.73	57.76	51.56	13.10
M5	0.064	0.00	3.43	19.45	57.76	51.56	13.10
M6	0.064	0.00	5.72	17.16	57.76	51.56	13.10
TOTAL	0.45	10.30	10.30	139.56	404.35	360.89	91.73

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Propiedades del concreto fresco

4.4.1. Temperatura

En este ensayo se encontró que la mayor temperatura la presenta las muestras con la adición de óxido de calcio siendo estas de 27 °C y 28 °C, para las muestras M1 y M2 respectivamente. Por otro lado, las muestras con la adición de cenizas volantes obtuvieron temperaturas más bajas siendo estas de 22 °C, 21 °C y 25 °C, para muestras M4, M5 y M6 respectivamente. (Ver figura 7).

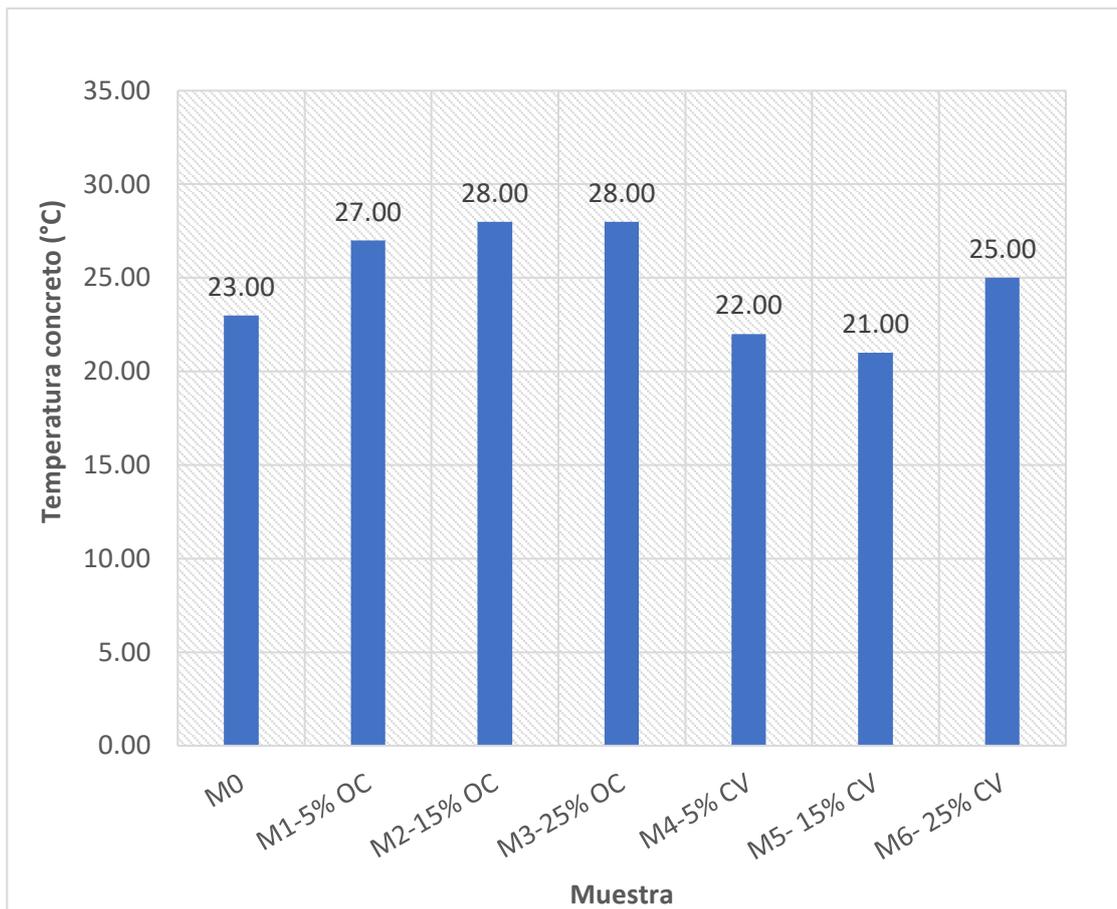


Figura 8. Temperatura (°C) del concreto en estado fresco.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Asentamiento

En la siguiente grafica de barras (Figura 8) notamos que con la sustitución parcial de las cenizas volantes se obtuvo mejor trabajabilidad del concreto con Slump de 7 a 9.5 cm, mientras que con

el uso del dióxido de calcio el Slump descendió notablemente con valores de 4 a 3.5 cm.

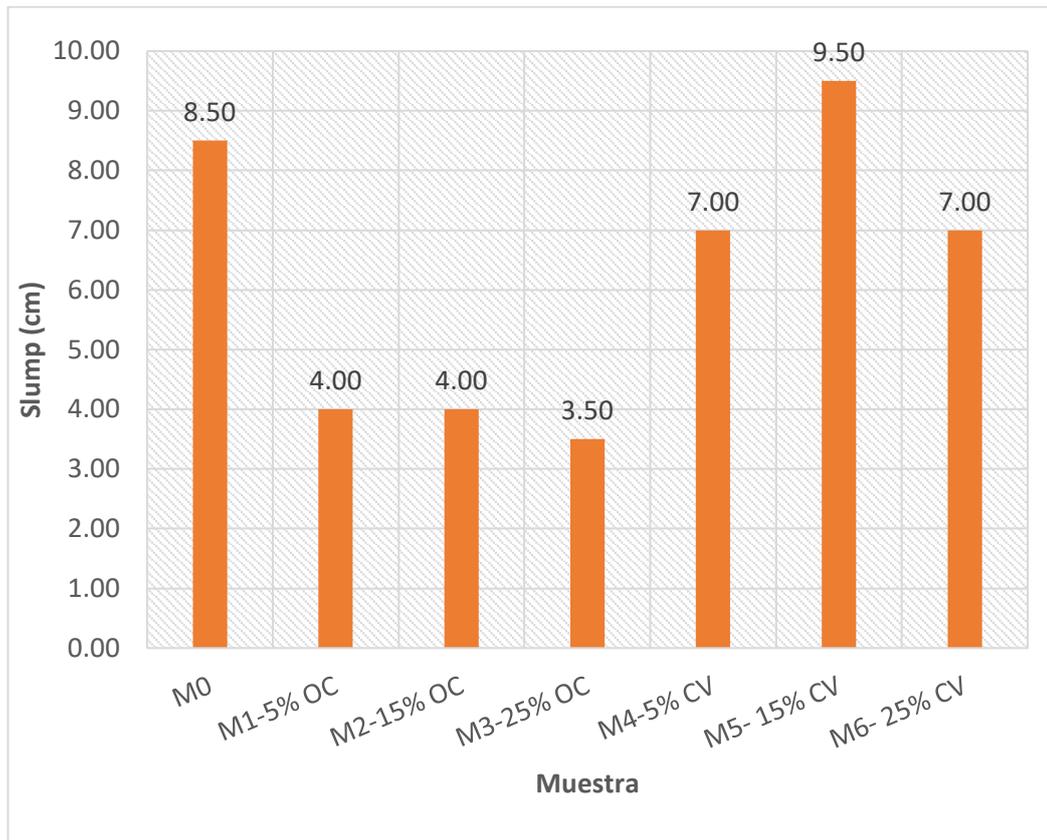


Figura 9. Slump (cm) de cada una de las muestras.
Fuente: Elaboración propia

4.5. Propiedades del concreto endurecido

4.5.1. Resistencia a la compresión (F'c)

Edad: 7 días:

Los datos recopilados de las 3 repeticiones por muestra se detallan en el anexo 18, certificado por laboratorio TECOSUR SCRL, así mismo en la tabla 12 se resume los resultados mediante promedios de la resistencia a la compresión, donde se aprecia que a los 7 días de edad del concreto la mayor resistencia la obtiene la muestra M1 (5 % OC), con 158.59 kg/cm² equivalente al 75.52 % de la Resistencia de diseño, mientras que la menor resistencia es obtenida por la muestra M3 (25 % OC), con 104.61 kg/cm² representando el 49.81 %

del diseño. Por otro lado, las muestras con la sustitución de cenizas volantes, la mayor resistencia la presenta la muestra M5 (15 % CV) con 141.68 kg/cm².

Tabla 12. Resistencia a la compresión a los 7 días de edad del concreto.

Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	f'c Promedio (kg/cm²)	% f'c
M0	21/09/2021	28/09/2021	133.84	63.74%
M1	21/09/2021	28/09/2021	158.59	75.52%
M2	22/09/2021	29/09/2021	143.37	68.27%
M3	22/09/2021	29/09/2021	104.61	49.81%
M4	23/09/2021	30/09/2021	131.72	62.73%
M5	23/09/2021	30/09/2021	141.68	67.47%
M6	24/09/2021	01/10/2021	109.36	52.08%

Fuente: Elaboración Propia.

Al comparar los resultados con la muestra patrón M0, se determina una mayor resistencia del 16 % y 7 % para las muestras M1 y M2 respectivamente, por otro lado, la muestra M3 presenta un descenso de 21 % en relación a la M0 (ver figura 9).

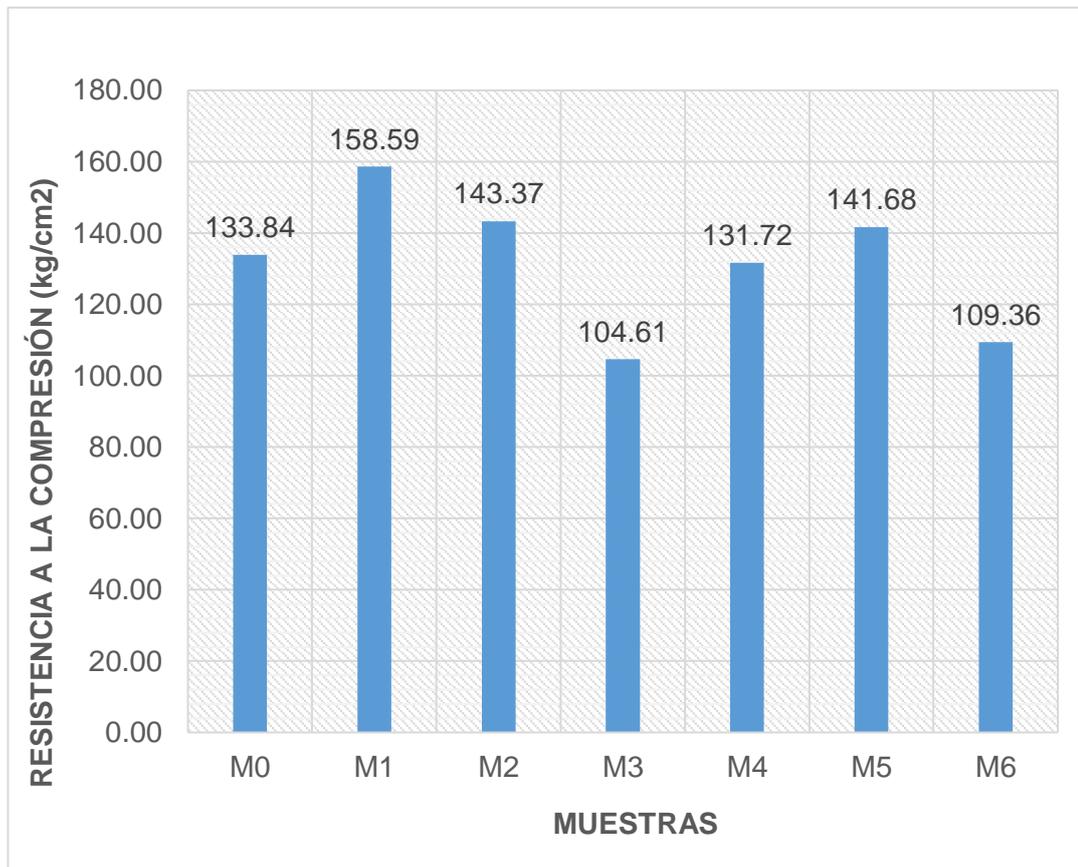


Figura 10. F'c promedio a los 7 días de edad del concreto.
Fuente: Elaboración propia.

Edad: 14 días

Los datos recopilados a los 14 días de edad del concreto para las 3 repeticiones por muestra se detallan en el anexo 19 certificado por el laboratorio TECOSUR SCRL. En la tabla 13 se aprecia que los 14 días de edad del concreto, para muestras con adición parcial de óxido de calcio, la mayor resistencia la sigue predominando la muestra M1 con 190.68 kg/cm², siendo esta 13 % mayor que la muestra patrón M0. Todo lo contrario, ocurre en la muestra M3 con una resistencia promedio de 126.99 kg/cm², representando un 25 % menor que la muestra patrón.

Tabla 13. Resistencia a la compresión a los 14 días de edad del concreto.

Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	f'c promedio (kg/cm ²)	% f'c
M0	21/09/2021	5/10/2021	168.39	80.18%
M1	21/09/2021	5/10/2021	190.68	90.80%
M2	22/09/2021	6/10/2021	169.47	80.70%
M3	22/09/2021	6/10/2021	126.99	60.47%
M4	23/09/2021	7/10/2021	164.79	78.47%
M5	23/09/2021	7/10/2021	171.45	81.64%
M6	24/09/2021	8/10/2021	144.84	68.97%

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente grafica (figura 10) se compara el incremento de la resistencia del concreto de 7 a los 14 días de edad, en donde notamos que el mayor incremento la obtuvo la muestra M0 (patrón) con 25 %, y la menor la muestra M2 (15% OC) con 18 %.

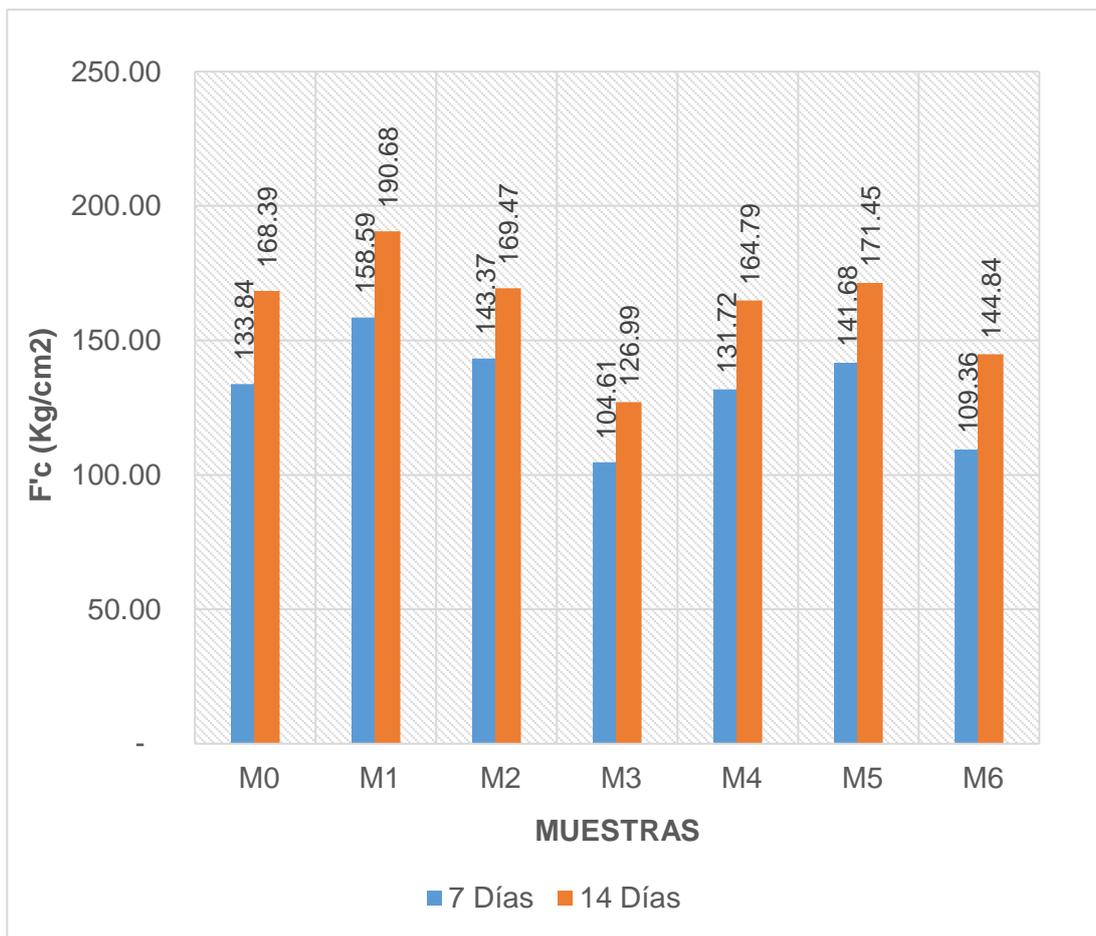


Figura 11. F'c promedio a los 7 y 14 días de edad del concreto.

Fuente: Elaboración propia

Edad: 28 días

Los datos a los 28 días de edad del concreto para la muestra patrón y los 6 tratamientos con sus 3 repeticiones se detallan en el anexo 20, certificado por el laboratorio TECOSUR SCRL. De igual forma se resume en la tabla 14 los promedios de dicha resistencia donde se aprecia que para las muestras con adición parcial de óxido de calcio, la mayor resistencia la obtiene la muestra M1 con 221.37 kg/cm², siendo esta mayor que la muestra patrón M0 que obtuvo 207.47 kg/cm², por otro lado la muestra M3 presentó la menor resistencia a la compresión promedio con 146.51 kg/cm².

Para las muestras con la adición parcial de cenizas volantes la mayor resistencia promedio la obtuvo la muestra M5 con 226.36 kg/cm² y la menor resistencia la presentó la muestra M6 con 163.14 kg/cm².

Tabla 14. Resistencia a la compresión a los 28 días de edad del concreto.

Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	f'c promedio (kg/cm ²)	% f'c
M0	21/09/2021	19/10/2021	207.47	98.79%
M1	21/09/2021	19/10/2021	221.37	105.41%
M2	22/09/2021	20/10/2021	187.96	89.50%
M3	22/09/2021	20/10/2021	146.51	69.77%
M4	23/09/2021	21/10/2021	209.71	99.86%
M5	23/09/2021	22/10/2021	226.36	107.79%
M6	24/09/2021	22/10/2021	163.14	77.68%

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica número 11, se aprecia el comportamiento de la resistencia a la compresión durante los 28 días de edad del concreto para cada muestra con óxido de calcio, apreciando que la muestra M1 obtuvo mejores resultados que la muestra patrón.

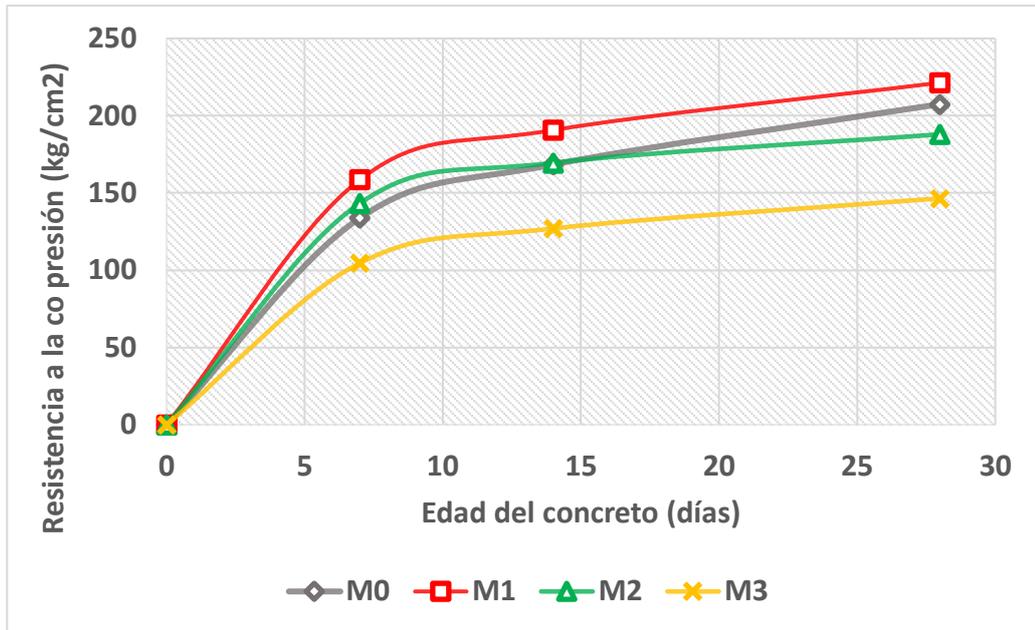


Figura 12. Curva de resistencia a la compresión para muestras con OC.
Fuente: Elaboración propia

De igual forma en la tabla 12 se muestra la curva de resistencia a la compresión para las muestras con cenizas volantes, resaltando la muestra M5 es la que presenta mayor resistencia a la compresión por encima de la muestra patrón.

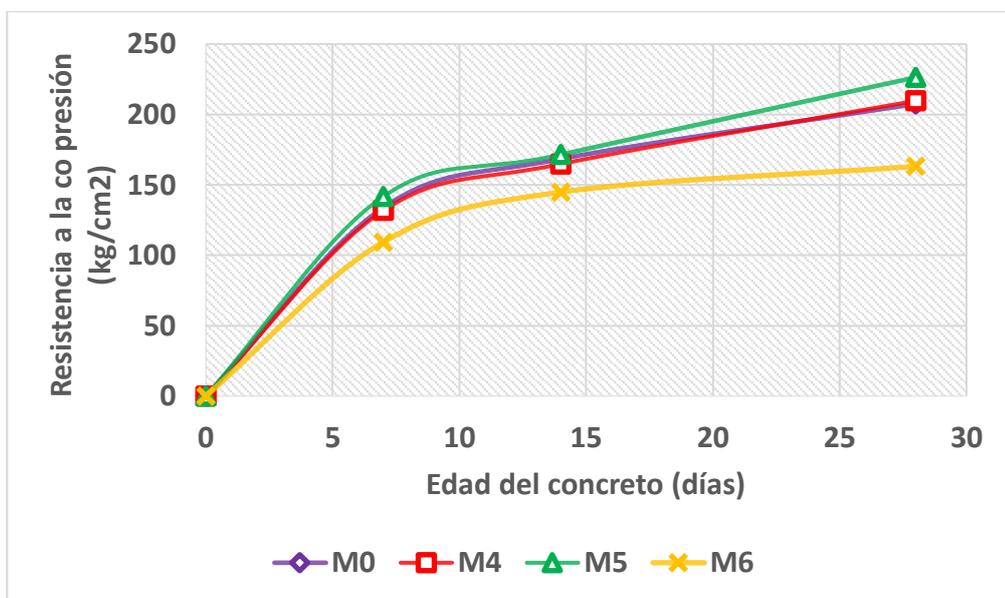


Figura 13. Curva de resistencia a la compresión para muestras con CV.
Fuente: Elaboración propia.

4.5.2. Porosidad (volumen de vacíos), densidad y absorción

Los datos recopilados en laboratorio, así como los cálculos de las muestras por duplicado se detallan en anexos del 21 al 27. En la tabla 15 se aprecia el promedio de dicho ensayo, en donde se resalta que la muestra M3 con 15% de óxido de calcio presenta la mayor porosidad con 10.73% de volumen de vacíos, mientras que la muestra M5 con 25% de cenizas volantes presenta la menor porosidad con 5.03% de volumen de vacíos.

Tabla 15. Resumen de resultados de ensayo de porosidad.

MUESTRA	DENSIDAD (g/cm ³)	ABSORCIÓN (%)	POROSIDAD (%)
M0	1.84	5.22	9.62
M1	1.93	4.54	8.76
M2	1.93	4.81	9.31
M3	1.90	5.65	10.73
M4	2.27	3.53	7.99
M5	2.36	2.13	5.03
M6	2.35	3.73	8.77

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente grafica (figura 13), se realiza la comparación de la resistencia a la compresión con la porosidad a los 28 días de edad del concreto, donde la porosidad es inversamente proporcional a la resistencia a la concreción, es decir a mayor resistencia menor es su porosidad, además notamos que la porosidad es menor con la sustitución parcial de las cenizas volantes que con el óxido de calcio.

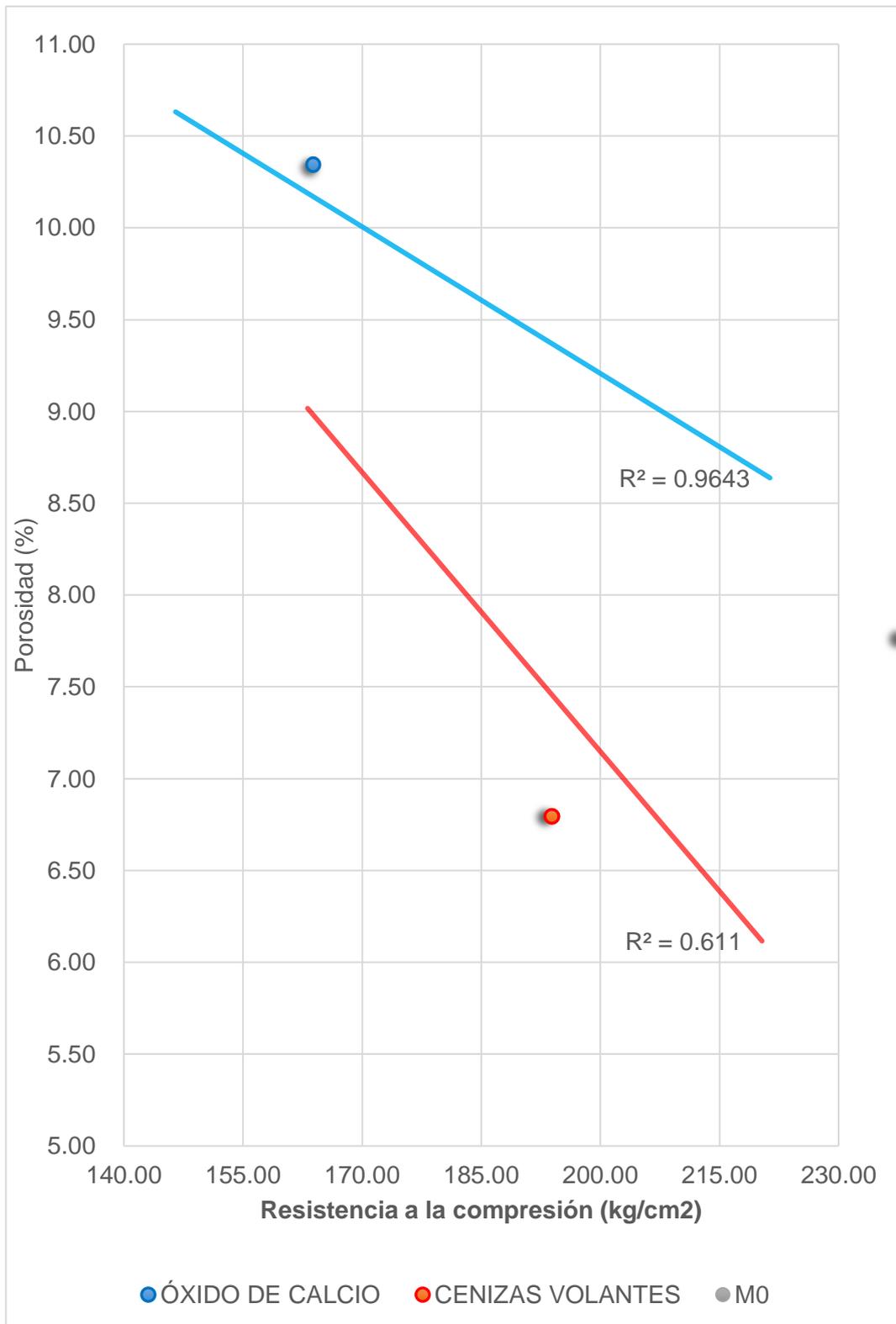


Figura 14. Relación de la resistencia a la compresión y porosidad del concreto.

Fuente: Elaboración Propia

4.6. Análisis estadístico de los resultados

4.6.1. Análisis de varianza

Para determinar si estadísticamente el óxido de calcio y cenizas volantes influyen negativamente o positivamente en la resistencia a la compresión o porosidad del concreto, se realizó el análisis de varianza, cuyos cálculos se detallan en los anexos 58 y 59, así mismo el resultado de dichos cálculos se aprecia en las tablas 16 y 17.

En la tabla 16 se observa que los resultados de la resistencia a la compresión de la muestra M4 son estadísticamente iguales a la muestra patrón M0, es decir el 5% de CV no influye en la resistencia a la compresión, todo lo contrario ocurre con los demás tratamientos, en donde si se acepta la hipótesis alterna, es decir el 5% OC, 15%OC, 25%OC, 15%CV y 25%CV si influyen en la resistencia a la compresión del concreto, resaltando el 5% OC y 15% CV que presentan resultados por encima de la muestra patrón.

Tabla N° 16. Resumen del análisis de varianza para la resistencia a la compresión.

MUESTRA	TRATAMIENTO	RELACIÓN ESTADÍSTICA	HIPÓTESIS NULA (HO)	HIPÓTESIS ALTERNA (HI)
M1	5% OC	$M0 \neq M1$	SE RECHAZA	SE ACEPTA
M2	15% OC	$M0 \neq M2$	SE RECHAZA	SE ACEPTA
M3	25% OC	$M0 \neq M3$	SE RECHAZA	SE ACEPTA
M4	5% CV	$M0 = M4$	SE ACEPTA	SE RECHAZA
M5	15% CV	$M0 \neq M5$	SE RECHAZA	SE ACEPTA
M6	25% CV	$M0 \neq M6$	SE RECHAZA	SE ACEPTA

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 17 se detalla los resultados del análisis estadístico para el ensayo de porosidad, donde se aprecia que solo el tratamiento M5 se rechaza la hipótesis nula, es decir que la muestra M5 y M0 existen diferencias estadísticas significativas, por ende, el 15% CV mejora la porosidad del concreto 210 kg/cm².

Tabla N° 17. Resumen del análisis de varianza para la porosidad del concreto.

MUESTRA	TRATAMIENTO	RELACIÓN ESTADÍSTICA	HIPÓTESIS NULA (H ₀)	HIPÓTESIS ALTERNA (H ₁)
M1	5% OC	M ₀ = M ₁	SE ACEPTA	SE RECHAZA
M2	15% OC	M ₀ = M ₂	SE ACEPTA	SE RECHAZA
M3	25% OC	M ₀ = M ₃	SE ACEPTA	SE RECHAZA
M4	5% CV	M ₀ = M ₄	SE ACEPTA	SE RECHAZA
M5	15% CV	M ₀ ≠ M ₅	SE RECHAZA	SE ACEPTA
M6	25% CV	M ₀ = M ₆	SE ACEPTA	SE RECHAZA

Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

1. Con el 5% del óxido de calcio como sustituto parcial del cemento portland se logra mejorar la resistencia del concreto a edades tempranas de hasta un 20%. De igual forma, Anjos et al. (2020), con el 5% de cal Hidratada logran una resistencia a temprana edad de hasta el 50% más en relación a su muestra patrón, este aumento se posiblemente se debe a la adición del metacaolín (MK), ya que este es un material cementante compuesto de aluminosilicatos. Por otro lado, Silva et al. (2019), determinaron que con la adición de 3.4% de cal y 13% de residuos de mampostería se logra una resistencia de hasta 30.5 Mpa, este aumento significativo se debe a que el diseño de mezclas utilizaron una relación a/c de 0.4 muy por debajo a la usada en esta investigación que fue de 0.56. por su parte, Adesina y Olutoge (2019), emplean una combinación de cascara de arroz y cal hidratada obteniendo resultados satisfactorios y cercanos a la muestra patrón con la sustitución del cemento portland del 5 al 10%. Pajuelo (2018), experimenta la combinación de cal y arcilla como sustituto parcial del concreto 210 kg/cm², determinando que con una dosis del 10 al 12% de cal y 9% de arcilla se logra llegar a la resistencia de diseño y hasta superar en un 5% a la muestra de control, esta mejora posiblemente se debe a la incorporación de arcilla ya que este insumo también forma parte en la fabricación del cemento portland. Así mismo se logró resultados similares con Benavidez D. y Benavidez C (2021), en donde investigaron la resistencia a la compresión de ladrillos de concreto con cal hidratada, demostraron que con el 3% de cal mejoran hasta en un 5% su resistencia, mientras tanto Lertwattanakul y Makul (2021), experimentan el uso de residuos de carbonato de calcio en un concreto ecológico autocompactante, logrando mejorar hasta en un 20% la resistencia a la compresión con el 10% de carbonato de calcio, esta mejora considerable posiblemente se debe a que los residuos de CaCO₃ además de estar constituidos por el 56% de CaO, presentan el 4.4% de SiO₂ y 1.8% de MgO, estos dos últimos componentes del cemento portland. Finalmente, Kumar et al. (2020), experimentan con un concreto

geopolimérico a base de cenizas volantes que es remplazado parcialmente por cal y humo de sílice, obtenido resultados muy favorables con la sustitución del 7.5% de cal y 2% de humo de sílice, esta mejora se debe a la combinación de CaO y Silicatos principales compuestos en la elaboración de materiales cementantes.

2. Con la sustitución del 15% de cenizas volantes por cemento portland se logró una resistencia de 226.36 kg/cm² siendo esta hasta un 9% mayor a la muestra patrón, por su parte, Zhou, et al. (2020) con la misma dosificación de cenizas volantes logran una resistencia de 376.7 kg/cm² siendo esta un 8% mayor a la muestra de control, se recalca la similitud de los resultados con la diferencia de que estos investigadores emplean un concreto de alta resistencia. Por otro lado, Ali et al. (2021), también experimentan con concretos de alta resistencia, pero con la adición de cenizas volantes (FA) acompañadas de fibras de acero (HSF) y áridos reciclados, en donde obtuvieron la mayor resistencia a los 28 días para la muestra con la combinación de agregados naturales, el 15% CV y 1% HSF, siendo esta hasta un 11% mayor a la muestra de control, este aumento probablemente se debe a la adición de 1 % de Fibras de acero. Por otro lado, Rendón et al. (2019) logran una resistencia de 600 kg/cm² para muestras con la sustitución de 30 % de cenizas volantes a los 90 días de edad del concreto, esto debido a que emplean una relación a/c de 0.35. Así mismo Prakah, et al. (2020) con un 10% de cenizas volantes como sustituto del cemento portland y 0.5% de fibra de polipropileno logran mejorar la resistencia a la compresión del concreto hasta en un 10% con relación al concreto patrón, logrando 6 puntos porcentuales por encima de nuestra investigación, esto se debe a que los autores usaron fibra de polipropileno lo que ayuda a que el concreto tenga mayor adherencia entre sus componentes, y por ende aumente su resistencia. No obstante, discrepamos de los resultados de Huaquisto y Belizario (2018), que logran mejorar la resistencia en un 5% empleando el 5% de cenizas volantes como sustituto del cemento portland, estas diferencias posiblemente se debe a que es su diseño de mezclas la proporción de

arena es de 1.63 por debajo a la de esta investigación que es de 2.25, por lo tanto se genera menor pasta que envuelva al agregado grueso y se genera mayor cantidad de vacíos. Todo lo contrario, presentan Angulo, Valencia y Mejía (2020), que logran satisfactoriamente mejorar hasta en un 25% la resistencia a la compresión empleando el 80% de cenizas volantes y un 20% de escorias siderúrgicas de alto horno, este logro se debe a que los autores además emplean un activador alcalino compuesto que activa los aluminosilicatos.

3. En cuanto a los resultados por el ensayo de porosidad se obtuvo que con el uso del 5% OC, se logra el 8.76% de volumen de vacíos. De igual forma, Ferreira et al. (2018), emplean la cal hidratada para determinar su influencia en la permeabilidad, demostrando que con el uso de 50% de cal mejoran la permeabilidad del concreto hasta un 30%, difiriendo notablemente de nuestros resultados ya que emplean una relación a/c de 0.4, es decir mayor cantidad de aglutinante por unidad de agua. Por otro lado, Silva et al. (2019), logran obtener una porosidad del 14.8% para muestras con 12 % de cal, esta discrepancia posiblemente se debe a que los autores utilizan un 35% de residuos de mampostería, material por su característica presenta alta absorción y porosidad, a diferencia de agregados naturales.

4. En relación a las muestras con cenizas volantes se obtuvo que con el 15% del mismo el volumen de vacíos fue de 5.03% de, es decir un 40% menor que las muestras con OC, esto se debe a que las cenizas volantes presentan una finura promedio de 18.6% en comparación al 64.6% del óxido de calcio, por ende, las cenizas volantes ocupan mejor los espacios dentro del concreto. Por otro lado, Gnanaraj et al. (2021) demuestran que con la adición del 20% de cenizas volantes logran una reducción de la absorción y porosidad de hasta al 40% en relación a la muestra de control, esta mejora se debe a que los investigadores además incorporan el 25% de esteatita natural ultrafina. Además, Asad et al. (2020) con el

20% de cenizas volantes como sustituto del cemento logran reducir la adsorción del concreto hasta un 10%, obteniendo tres puntos porcentuales por encima de nuestros resultados, esto probablemente se debe al uso del activador de sulfatos (NaSO_4) en una dosis de 1.12%. Por otra parte, Huaquisto y Belizario (2018), obtienen el 12.8% de volumen de vacíos para las muestras con la sustitución del 15% de cemento portland por cenizas volantes, tal como se explicó anteriormente el hecho de usar una proporción menor de agregado fino (1.63) genera mayor cantidad de vacíos en el concreto endurecido.

VI. CONCLUSIONES

1. Se logró determinar las propiedades físicas de los agregados, tales como: densidad suelta, peso específico, absorción y humedad, con valores de: 1657 y 1385 kg/cm³; 2.64 y 2.66 g/cm³; 1.53 y 1.08% y 1.31 y 0.98%, para el agregado fino y grueso respectivamente.
2. Se determinó que para un concreto 210 kg/cm² empleando agregados de la cantera Urunta, cemento Yura tipo IP, tamaño del agregado grueso de 3/4" y Slump de 3 a 4", su dosificación en peso fue de: 1: 2.25: 2.52, a/c 0.57.
3. Mediante el ensayo del Slump se determinó la trabajabilidad del concreto, con el uso de óxido de calcio se obtuvo valores de hasta 4 cm y para el uso de cenizas volantes una consistencia de 9.5 cm par la muestra con 15% CV.
4. Las muestras con oxido de calcio mostraron una temperatura máxima de 28 °C y mínima de 27 °C, mientras que las muestras con cenizas volantes la temperatura máxima fue de 25 °C y la mínima de 21 °C.
5. A los 28 días de edad del concreto para muestras con OC, la mayor resistencia a la compresión fue de 221.37 kg/cm² para la muestra M1, y la menor fue para las muestras M3 con 146.51 kg/cm². Por otro lado, las muestras con CV la mayor resistencia la presento la muestra M5 con 226.36 kg/cm² y la menor fue para la muestra M6 con 163.14 kg/cm².
6. Se logró medir la porosidad del concreto a los 28 días de edad en donde el mayor resultado fue para la muestra M3 con 10.73% y el menor para la muestra M5 con 5.03%.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso del 5% óxido de calcio como sustituto parcial del cemento portland, esta proporción mejora la resistencia del concreto a temprana edad, pero reduce su trabajabilidad por lo que su vertido debe estar acompañado por un adecuado sistema de vibración. Además, su uso se recomienda para estructuras que requieran un fraguado rápido y no estén en contacto directo con el suelo y/o humedad.
2. Se recomienda usar el 15% de cenizas volantes en la dosis del concreto como sustituto del cemento portland, este insumo mejora la resistencia a la compresión y disminuye la porosidad por lo que evitaría la penetración de fluidos, y por ende sería un concreto más duradero.
3. Se recomienda que en futuras investigaciones se experimente con la combinación de ambos insumos ya que aportan diferentes características al concreto.
4. Se recomienda investigar con mayor profundidad el uso de las cenizas volantes en la mejora de la durabilidad del concreto, empleando ensayos que determinen la efectividad del mismo.

REFERENCIAS

ADESINA, Peter, OLUTOGE, Festus. Structural properties of sustainable concrete developed using rice husk ash and hydrated lime. **Building engineering** [en línea]. Mayo 2019 n°25. [Fecha de consulta: 15 de mayo 2021].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100804>

ISSN: 2352-7102

ALI, Barbar, SAFAR, Syed, KURDA, Rawaz y ALYOUSEF, Rayed. Synergistic effects of fly ash and hooked steel fibers on strength and durability properties of high strength recycled aggregate concrete. **Resources, conservation & recycling** [en línea]. Enero 2021 n°31. [Fecha de consulta: 15 de mayo 2021].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105444>

ISSN: 0921-3449

ÂNGULO, Daniela, VALENCIA William y MEJÍA, Ruby. *Alkali-activated concretes based on fly ash and blast furnace slag: Compressive strength, water absorption and chloride permeability*. **Ingeniería e investigación** [en línea]. 2020 Vol. 40 n°2 [fecha de consulta: 15 de setiembre 2021].

Disponible en <http://dx.doi.org/10.15446/ing.investig.v40n2.83893>

ISSN: 2248-8723

ANJOS, Marcos, CAMOES, Aires, CAMPOS, Pedro, AZEREDO, Givanildo y FERREIRA, Ruan. Effect of high volume fly ash and metakaolin with and without hydrated lime on the properties of self-compacting concrete. **Journal of building engineering** [en línea]. Marzo 2020 n°27. [Fecha de consulta: 18 de mayo 2021].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100985>

ISSN: 2352-7102

American Concrete Institute (USA). ACI 201.2R-01: Guía para la durabilidad. Farmington Hills: 2000. 2 pp.

ASAD, Muhammad, et al. Effect of sulfate activator on mechanical and durability properties of concrete incorporating low calcium fly ash. **Case Studies in construction materials** [en línea]. Diciembre 2020 n°13. [Fecha de consulta: 18 de mayo 2021].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00407>

ISSN: 2214-5095

ABANTO, Tomas. Tecnología del concreto. 3°.e. Lima: San Marcos, 2017. 248 pp. ISBN: 9786123154639

BAHEDH, Mustafa y JAAFAR, Mohd. Ultra-high-performance concrete utilizing fly ash as cement replacement under autoclaving technique. **Case Studies in construction materials** [en línea]. Diciembre 2018 vol. 9. [Fecha de consulta: 22 de junio 2021].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2018.e00202>

ISSN: 2214-5095

BAUTISTA, William, DÍAZ Mercedes y MARTÍNEZ, Segundo. Caracterización de las cenizas volantes de una planta termoeléctrica para su posible uso como aditivo en la fabricación de cemento. **Revista de investigación desarrollo e innovación** [en línea]. 2017 vol. 8 n° 1 [fecha de consulta: 20 de octubre 2021].

Disponible en <https://doi.org/10.19053/20278306.v8.n1.2017.7374>

ISSN: 2027-8306

BENAVIDEZ, Diana y BENAVIDEZ, Claudia. *Caracterización de ladrillo de concreto con cal hidratada y plástico PET reciclado*. **Nor@ndina** [en línea]. 2021 vol. 4 n° 2 [fecha de consulta: 25 de agosto 2021].

Disponible

en <http://unach.edu.pe/rcnorandina/index.php/ciencianorandina/article/view/243>

ISSN: 2663-6360

CARRASCO, Sergio. Metodología de la investigación Científica - pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación. 19°.ed. Lima: San Marcos, 2019. 476 pp.
ISBN: 9789972383441

DEL ROSARIO, Juan. Patología y durabilidad del concreto. **Construcción y tecnología en concreto** [en línea]. Marzo 2017 vol. 6(2). [Fecha de consulta: 20 de junio 2021].
Disponible en <http://www.imcyc.com/revistacyt/MARZO%202017/MARZO17.pdf>
ISSN: 0187-7895

FERREIRA, Fabián, FERREIRA, Gizele, SILVA, Laura y DA COSTA, Gustavo. Estudo da influência de cal hidratada na permeabilidade do concreto. **Teccen** [en línea]. Junio 2018 n°1. [Fecha de consulta: 15 de mayo 2021].
Disponible en <https://doi.org/10.21727/teccen.v11i1.1241>
ISSN: 1984-0993

GNANARAJ, Christopher, CHOKKALINGAM, Ramesh, THANKAM, Lizia y POTHINATHAN, Skm. Durability properties of self-compacting concrete developed with fly ash and ultra-fine natural steatite powder. **Journal of materials research and technology** [en línea]. Mayo 2021 n°13. [Fecha de consulta: 5 de junio 2021].
Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.04.074>
ISSN: 2338-7854

HANSEN, Sarah y SADEDHIAN, Pedram. Recycled gypsum powder from waste drywalls combined with fly ash for partial cement replacement in concrete. **Journal of cleaner production** [en línea]. Noviembre 2020 Vol. 274 (20). [Fecha de consulta: 15 de junio 2021].
Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122785>
ISSN: 0959-6526

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Lucio. Metodología de la investigación. 6^{ta}. ed. Ciudad de México: Interamericana, 2014. 600 pp. ISBS: 9781456223960

HUAQUISTO, Samuel y BELIZARIO, German. Utilización de la ceniza volante en la dosis del concreto como sustituto del concreto. **Revista de investigación alto andinas** [en línea]. Abril 2018 n°2. [Fecha de consulta: 20 de mayo 2021].

Disponible en <https://doi.org/10.18271/ria.2018.366>

ISSN: 2306-8582

Informe técnico de producción nacional [en línea]. Lima: INEI abril 2021. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2021].

<http://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/04-informe-tecnico-produccion-nacional-feb-2021.pdf>

KANG, Sung-Hoon, KWON, Minkyong, KWON, Yang-Hee y MOON, Juhyuk. Effects of polycarboxylate ether (PCE)-based superplasticizer on the dissolution and subsequent hydration of calcium oxide (CaO). **Cement and concrete research** [en línea]. Abril 2021 n°. [fecha de consulta: 17 de junio 2021].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2021.106467>

ISSN:0008-8846

KUMAR, Shaswat et al. Fresh, strength and microstructure properties of geopolymer concrete incorporating lime and silica fume as replacement of fly ash. **Journal of building engineering** [en línea]. Mayo 2020 n°32. [Fecha de consulta: 17 de mayo 2021].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101780>

ISSN: 2666-7908

LERTWATTANARUK, Pusit y MAKUL, Natt. Influence of Ground Calcium Carbonate Waste on the Properties of Green Self-Consolidating Concrete Prepared by Low-Quality Bagasse Ash and Rice Husk Ash. **Materials** [en línea]. 2021 Vol. 14 n°15. [Fecha de consulta: 17 de setiembre 2021].

Disponible en <https://doi.org/10.3390/ma14154232>

ISSN: 1996-1944

LIU, Peng y YANG, Lu. Preparation of pervious concrete with 3-thiocyanatopropyltriethoxysilane modified fly ash and its use in Cd (II) sequestration. **Cleaver production** [en línea]. Marzo 2019 Vol. 212 n°1. [Fecha de consulta: 26 de junio 2021].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.242>

ISSN: 0959-6526

MAJHI, Rajib, PADHY, Abinash y NAYAK, Amar. Performance of structural lightweight concrete produced by utilizing high volume of fly ash cenosphere and sintered fly ash aggregate with silica fume. **Cleaner Engineering and Technology** [en línea]. Julio 2021 n°3. [Fecha de consulta: 24 de junio 2021].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100121>

ISSN: 2352-7102

MALCA, Eduar. Efecto de la Incorporación de Cal en la Resistencia a la Compresión del Concreto, Cajamarca – 2018. Tesis (Pregrado en Ingeniería Civil). Perú: Universidad César Vallejo, 2018. 84 pp. [Fecha de consulta: 24 julio 2021].

Disponible en: <https://cutt.ly/ehhLKac>

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (Perú). E.060: concreto Armado. Lima: 2019. 199 pp.

MC CORMAC, Jack y BROWN, Russell. Diseño de concreto reforzado. 8^{va} ed. México: Alfaomega, 2011. 710pp.

ISBN: 9786077072317

NEVILLE, A. y BROOKS J. Concrete technology. 2.^a ed. Londres: Pearson, 2010. 422 pp.

ISBN: 9780273732198

PAJUELO, Luciano. Resistencia del concreto con cemento sustituido por la combinación de cal (en 0%, 10% y 12%) y arcilla (en 0%, 7% y 9%). Tesis (Ingeniería civil). Chimbote: Universidad San Pedro, 2018. 108 pp.

PRAKASH, R., THENMOZHI, R., SUDHARSHAN, N. y SUBRAMANIAN C. *Concreto reforzado con fibras de cascara de coco, cenizas volantes y fibras de polipropileno*. **Revista facultad de ingeniería, universidad de Antioquia** [en línea]. Marzo 2020, nº 94. [Fecha de consulta: 10 de setiembre 2021].

Disponible en <https://www.doi.org/10.17533/10.17533/udea.redin.20190403>

ISSN: 2422-2844

POLONSKÁ, Adéla, et al. Properties of Czech deposited high temperatura fly ash. **Czech technical University in Prague** [en línea]. Septiembre 2019, no. 3. [Fecha de consulta: 06 de julio de 2021].

Disponible en [https://eds.p.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=337770c0-38a3-4e0a-a4ed-](https://eds.p.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=337770c0-38a3-4e0a-a4ed-fdb419b8a281%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#db=eih&AN=138840173)

[fdb419b8a281%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#db=eih&AN=138840173](https://eds.p.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=337770c0-38a3-4e0a-a4ed-fdb419b8a281%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#db=eih&AN=138840173)

ISSN: 1212-7779

RENDÓN, Mariela, MARTÍNEZ, Miguel, MARTÍNEZ, Rosa y PÉREZ, José. Durabilidad de mezclas de concreto con diferentes contenidos de cenizas volante activa. **ALCONPAT** [en línea]. Abril 2019, nº 2. [Fecha de consulta: 10 de mayo 2021].

Disponible en <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v9i2.313>

ISSN: 2007-6835

RENDÓN, Mariela, SÁNCHEZ, Donato, MARTÍNEZ, Miguel Y LÓPEZ, Abraham. Caracterización fisicoquímica de concretos con contenidos del 30% de cenizas volante. **Instituto mexicano del transporte** [en línea]. 2021, nº 618. [Fecha de consulta: 1 julio 2021].

Disponible en <https://trid.trb.org/view/1765434>

ISSN: 0188-7297

Resolución presidencial N° 198-2017-CONCYTEC-P. Aprueban el “Reglamento de Calificación y Registro de Investigadores en Ciencia y Tecnología del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica – SINACYT”. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 28 de diciembre de 2017.

SANCHEZ, Diego. Tecnología del concreto y del mortero. 5^{ta}. ed. Bogotá: Bhandar editores, 2001. 349 pp.

ISBN: 9589247040

SANJUAN, Miguel y CHINCHON, Servando. Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland. Alicante: Universidad de Alicante, 2014. 181 pp.

ISBN: 9788497173056

SILVA, Fernando, ROJAS, Juan, GAMBOA, Jeffrey, GORDILLO, Marisol Y DELVASTRO, Silvio. Optimización de la resistencia a la compresión usando un diseño de mezcla de vértices extremo, en concretos ternarios basados en residuo de mampostería y cal hidratada. **Revista EIA** [en línea]. Junio 2019 n°31. [Fecha de consulta: 20 de mayo 2021].

Disponible en <https://doi.org/10.24050/reia.v16i31.1177>

ISSN: 1794-1237

SOUTSOS, M. Concrete durability: A practical guide to the design of durable concrete structures. Londres: Thomas telford, 2010. 568 pp.

ISBN: 9780727735171

TORRADO, Luz y SOLARTE, Cristina. Electrical indication of modified concrete's and mortar's ability to resist chloride ion penetration. **Lámpsakos** [en línea]. Julio 2017 n°18. [Fecha de consulta: 28 de junio 2021].

Disponible en <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2358>

ISSN: 2145-4086

TORRES, M. y PUERTAS, F. La activación alcalina de diferentes aluminosilicatos como una alternativa al Cemento Portland: cementos activados alcalinamente o geopolímeros. **Ingeniería de construcción** [en línea]. Agosto 2017, Vol. 32, n°18. [Fecha de consulta: 26 de junio 2021].

Disponible en https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732017000200001

ISSN: 0718-5073

ZHOU, Qingsong, et al. Effect of fly ash and sustained uniaxial compressive loading on chloride diffusion in concrete. **Journal of building engineering** [en línea]. Marzo 2020 n°31. [Fecha de consulta: 18 de mayo 2021].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101394>

ISSN: 2352-7102

ANEXOS

TITULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES y = f(x)	INDICADORES	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN
Efectos del óxido de calcio y cenizas volantes en la resistencia a la compresión y porosidad del concreto 210 kg/cm².	¿Cuáles son los efectos del óxido de calcio y cenizas volantes en la durabilidad del concreto 210 kg/cm ² ?	Determinar los efectos del óxido de calcio y cenizas volantes en la resistencia a la compresión y porosidad del concreto 210 kg/cm ² .	El óxido de calcio y cenizas volantes mejoran notablemente la resistencia a la compresión y porosidad del concreto 210 kg/cm ² .	Óxido de calcio y Cenizas volantes	M0 (0% cal y 0% CV), M1 (5% cal y 0% CV), M2 (15% cal y 0% CV), M3 (25% cal y 0% CV), M4 (0% Cal y 5% CV), M5 (0% cal y 15% CV) Y M6 (0% Cal y 25% CV)	APLICADA / EXPERIMENTAL
PROBLEMAS ESPECÍFICOS:		OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	HIPOTESIS ESPECÍFICAS:	VARIABLE DEPENDIENTE (x):		
	¿Cuáles son las características del agregado fino y grueso de la cantera Urunta?	Determinar las características del agregado fino y grueso	Los agregados presentan características ideales para un concreto 210 Kg/cm ²	Resistencia a la compresión y Porosidad	Peso específico, humedad, peso unitario, granulometría, absorción y modulo de fineza.	
	¿Cuál es la proporción para un diseño de mezclas 210 kg/cm ² usando agregados de la cantera Urunta?	Calcular el diseño de mezclas para un concreto 210 kg/cm ²	El diseño de mezclas presentara un proporción alrededor de 1:2:2		Proporción en peso y en volumen	
	¿Sera posible preparar un concreto 210 kg/cm ² adicionando óxido de calcio y cenizas volantes manteniendo una consistencia uniforme y plástica?	Preparar el concreto 210 kg/cm ² reemplazando parcial el cemento portland por el óxido de calcio y cenizas volantes	Con la sustitución de OC y CV se logra una mezcla homogénea y trabajable.		Slump (cm) y temperatura (°C)	
	¿Qué porcentaje de óxido de calcio y cenizas volantes mejoran o alcanzan la resistencia a la compresión de diseño?	Medir la resistencia a la compresión (f _c), a los 7, 14 y 28 días.	Con el 5% de OC y 25% de CV se mejora la resistencia a la compresión del concreto 210 kg/cm ²		Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	
	¿Qué porcentaje de óxido de calcio y cenizas volantes mejoran la porosidad del concreto?	Medir la porosidad (cantidad de vacíos) del concreto a los 28 días.	Con el 25% de OC y 25% de CV se mejora la porosidad del concreto 210 kg/cm ²		Porosidad (%), absorción (%) y densidad (gr/cm ³)	

Anexo 1: Matriz de consistência.

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENCIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE					
ÓXIDO DE CALCIO (OC)	Compuesto resultante de la calcinación de la piedra caliza más de 1000 °C , además posee algunas propiedades similares al cemento." (Malca, 2018, p.27)	el oxido de calcio a demostrado mejorar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido	Dosificación	M0 (0% cal y 0% CV), M1 (5% cal y 0% CV), M2 (15% cal y 0% CV), M3 (25% cal y 0% CV), M4 (0% Cal y 5% CV), M5 (0% cal y 15% CV) Y M6 (0% Cal y 25% CV)	Continua
CENIZAS VOLANTES (CV)	Fly Ash es un producto de naturaleza fina que se obtiene a partir de la combustión del carbono en centrales termoeléctricas como fuente de energía y calor. (Polonská et al, 2019, p. 268).	La ceniza volante es considerado como alternativa en la fabricación de cementos alcalinos, este producto se caracteriza por su bajo calor de hidratación, elevada resistencia mecánica y durabilidad frente agentes químicos. (Torres y Puertas, 2017, p. 5)			
VARIABLE DEPENDIENTE					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Principal propiedad mecánica del concreto, definido como la capacidad para soportar una carga por unidad de área	Será medido siguiendo los procedimientos de la norma ASTM C39, NTP 339.034	Carga por unidad de área (kg/cm ²)	Mayor a 210 kg/cm ²	Continua
POROSIDAD	La porosidad es el principal factor que afecta la resistencia y durabilidad	Esta propiedad será medida de acuerdo con los procedimientos de la norma ASTM C-642	Porcentaje del volumen de vacíos (%)	de 5 a 15 %	
DENSIDAD	Característica del concreto definida por el peso del mismo por unidad de volumen	Esta propiedad será medida de acuerdo con los procedimientos de la norma ASTM C-642	Masa del concreto por unidad de volumen (gr/cm ³)	2 a 2.5 gr/cm ³	
ABSORCIÓN	Se define como el incremento en masa por la penetración de agua en los poros en un determinado tiempo	Esta propiedad será medida de acuerdo con los procedimientos de la norma ASTM C-642	Porcentaje de agua que penetra el concreto (%)	2 a 10 %	

Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables.



ACTA DE CONFORMIDAD N° 005-ILO-2021

Conste por el presente documento, la conformidad sobre la realización de la actividad/programa ejecutado por ENGIE Perú S. A., con RUC N° 20333363900, según el siguiente detalle:

Actividad/Programa : Donación para la realización de Proyecto de Tesis.

Beneficiario (OBS/Asociación/Otros) : ROY SMHIT HERNANDEZ CAMACHO
DNI N° 45433175 Universidad CESAR VALLEJO

Cargo : ESTUDIANTE.

Breve descripción de la actividad (Nro. De beneficiarios / participantes / materiales entregados / hospitalidad recibida/ otros):

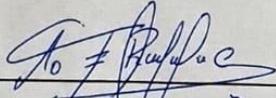
Donación de 50 Kg. aprox. de ceniza volante, para estudios de investigación.

Monto total de inversión : S/. 0.00

Monto en letras : Cero con 00/100 Nuevos Soles.

Lugar y Fecha : Ilo, 09/09/2021

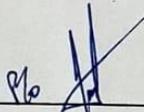
Se deja constancia que ENGIE Energía Perú S.A. realizó esta actividad en el marco de su programa de responsabilidad social a fin de promover el desarrollo integral de las comunidades en las que opera.



ROY SMHIT HERNANDEZ CAMACHO

DNI N° 45433175





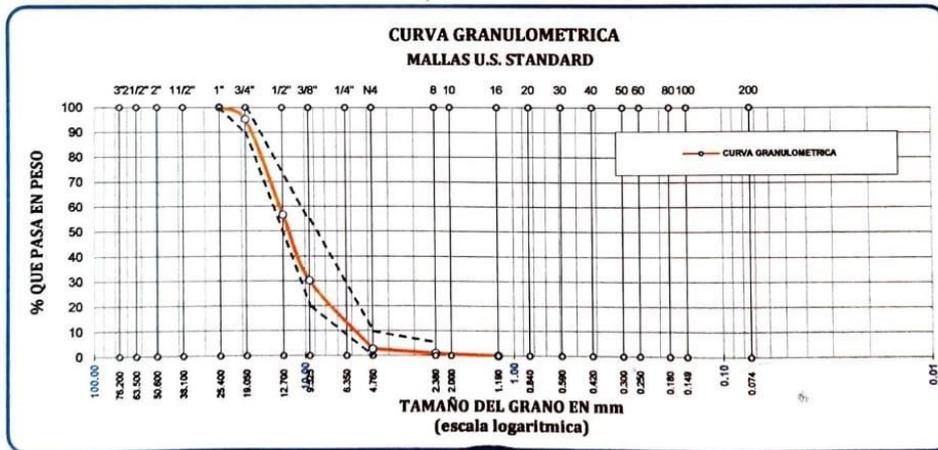
ENGIE Energía Perú S.A.

Anexo 4: Acta de donación de cenizas volantes por parte de la empresa ENGIE.

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
ASTM C - 136

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM2
UBICACIÓN : DISTRITO DE TACNA ; PROVINCIA DE TACNA ; REGION DE TACNA.
TESISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
MUESTRA : AGREGADOS PROCEDENTES DE LA CANTERA ARUNTA
FECHA : TACNA , 20 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. 67	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	100	
3/4"	19.050	261.20	4.83	4.83	95.17	90 100	
1/2"	12.700	2088.00	38.57	43.40	56.60		
3/8"	9.525	1425.00	26.32	69.72	30.28	20 55	
1/4"	6.350						
No4	4.760	1494.00	27.60	97.32	2.68	0 10	
No8	2.380	94.00	1.74	99.06	0.94	0 5	
No10	2.000						
No16	1.190	51.00	0.94	100.00			
No20	0.840						
No30	0.590						
No40	0.420						
No 50	0.300						
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149						
No200	0.074						
TOTAL		5413.20					



Oswaldo Martín Aguilar Pacci
TEC. LABORATORISTA
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS



JOSE VARGAS CATACORA
INGENIERO CIVIL
CIP:106241

PROLONGACION 2 DE MAYO - PAGO AYMARA 1 A - TACNA
052 283174 celular 984238003 - 952887017

Email tecosur.tacna@gmail.com

Anexo 5: Análisis granulométrico del agregado grueso (ASTM C- 136)

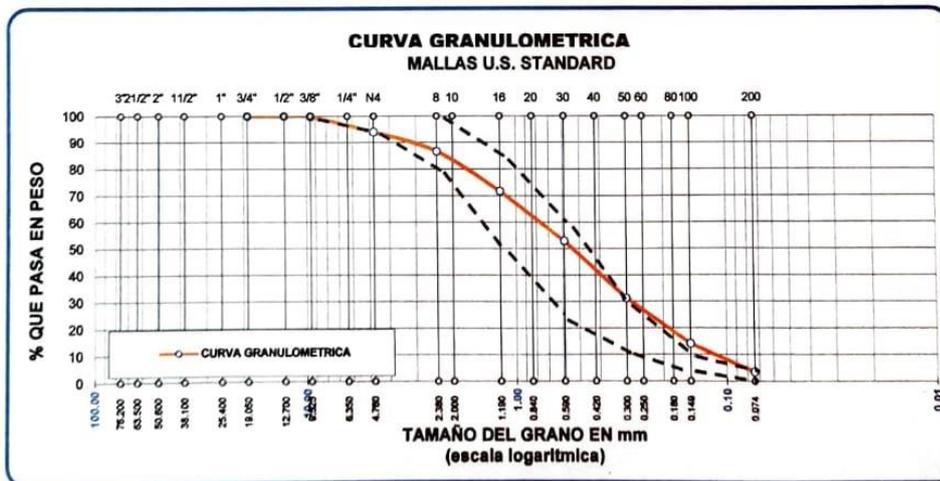
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
ASTM C - 136

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM2
UBICACIÓN : DISTRITO DE TACNA ; PROVINCIA DE TACNA ; REGION DE TACNA.
TESISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
MUESTRA : AGREGADOS PROCEDENTES DE LA CANTERA ARUNTA
FECHA : TACNA , 20 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Muestra : Agregado Fino
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.525	1.20	0.20	0.20	99.80	100	
1/4"	6.350						
No4	4.750	35.20	5.74	5.94	94.06	95 100	
No8	2.380	45.20	7.37	13.31	86.69	80 100	
No10	2.000						
No16	1.190	92.30	15.05	28.36	71.64	60 85	
No20	0.840						
No30	0.590	115.00	18.76	47.12	52.88	25 60	
No40	0.420						
No 50	0.300	132.60	21.63	68.75	31.25	10 30	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	105.40	17.19	85.94	14.06	2 10	
No200	0.074	65.20	10.63	96.57	3.43	0 5	
		21.00	3.43	100.00	0.00		
TOTAL		613.10					

Peso de la Muestra : 613.10 gr.
Modulo de Fineza : 2.5

OBSERVACIONES:
 La muestra consiste de arena sarandada de lecho de río de perfil sub angular y sub redondeado



Oswaldo Martín Aguilar Pacci
TEC. LABORATORISTA
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS



JOSE VARGAS CATAFORA
INGENIERO CIVIL
CIP:106241

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM2
UBICACIÓN : DISTRITO DE TACNA ; PROVINCIA DE TACNA ; REGION DE TACNA.
TESISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
MUESTRA : AGREGADOS PROCEDENTES DE LA CANTERA ARUNTA
FECHA : TACNA , 20 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA

NORMA ASTM C-127

MUESTRA N°		1	2
Peso de la muestra en el aire	gr	1,015.8	1,132.6
Peso de la muestra en el agua	gr	634.5	707.1
Volumen Desplazado	cc	381.3	425.5
Peso específico		2.664	2.662
Promedio		2.663	

ENSAYO DE ABSORCION DE LA GRAVA

NORMA ASTM C-127

MUESTRA N°		1	2
Peso de la muestra (sss)	g	1,015.8	1,132.6
Peso de la muestra seca	g	1,005.1	1,120.4
Peso del Agua		10.7	12.2
Porcentaje de Absorción	%	1.06	1.09
Promedio		1.08	


 Oswaldo Martín Aguilar Pacci
 TEC. LABORATORISTA
 ESPECIALISTA EN SUPLENTORES DE CONCRETOS Y PAVIMENTOS




 JOSE VARGAS CATACORA
 INGENIERO CIVIL
 CIP:106241

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM2
UBICACIÓN : DISTRITO DE TACNA ; PROVINCIA DE TACNA ; REGION DE TACNA.
TESISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
MUESTRA : AGREGADOS PROCEDENTES DE LA CANTERA ARUNTA
FECHA : TACNA , 20 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO DE LA ARENA
 NORMA ASTM C-128

MUESTRA N°		1	2
Peso de la fiola + muestra + Agua	gr.	748.60	742.80
Peso de la fiola + Agua	g	624.30	618.60
Peso de la muestra (sss)	gr.	200.0	200.0
Volumen desplazado	cc	75.7	75.8
Peso específico	gr/cc	2.642	2.639
Promedio	gr.c	2.640	

ENSAYO DE ABSORCION DE LA ARENA
 NORMA ASTM C-128

MUESTRA N°		1	2
Peso de la muestra (sss)	gr	200.12	200.09
Peso de la muestra seca	gr	197.16	197.03
Peso del Agua	g	3.0	3.1
Porcentaje de Absorción	%	1.50	1.55
Promedio		1.53	

OBSERVACIONES: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.


 Oswaldo Martín Aguilar Pacci
 TEC. LABORATORISTA
 MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS




 JOSE VARGAS CATACORA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 106241

Anexo 8: Peso específico y absorción del agregado fino (ASTM C- 127).

ENSAYO DE PESOS UNITARIOS

NORMA ASTM C - 29

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM2
UBICACIÓN : DISTRITO DE TACNA ; PROVINCIA DE TACNA ; REGION DE TACNA.
TESISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
MUESTRA : AGREGADOS PROCEDENTES DE LA CANTERA ARUNTA
FECHA : TACNA , 20 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

Agregado Fino (Arena)	S U E L T O			V A R I L L A D O		
	1	2	3	1	2	3
MUESTRA N°						
Peso del molde + la muestra seca	11,812	11,768	11,781	12,364	12,312	12,380
Peso del molde	5,952	5,952	5,952	5,952	5,952	5,952
Peso de la muestra seca neta	5,860	5,816	5,829	6,412	6,360	6,428
Volumen del molde	3,459	3,459	3,459	3,459	3,459	3,459
Peso Unitario	1.694	1.681	1.685	1.854	1.839	1.858
Promedio	1.687			1.850		

Agregado Grueso (Grava)	S U E L T O			V A R I L L A D O		
	1	2	3	1	2	3
MUESTRA N°						
Peso del molde + la muestra seca	10,734	10,785	10,712	11,278	11,309	11,256
Peso del molde	5,952	5,952	5,952	5,952	5,952	5,952
Peso de la muestra seca neta	4,782	4,833	4,760	5,326	5,357	5,304
Volumen del molde	3,459	3,459	3,459	3,459	3,459	3,459
Peso Unitario	1.382	1.397	1.376	1.540	1.549	1.533
Promedio	1.385			1.541		


 Oswaldo Martín Aguilar Pacci
 TEC-LABORATORISTA
 MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS




 JOSE VARGAS CATAÑO
 INGENIERO CIVIL
 CIP:106241

Anexo 9: Peso unitario suelto y compactado de los agregados (ASTM C- 29).

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL
NORMA ASTM D-2216

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM2
UBICACIÓN : DISTRITO DE TACNA ; PROVINCIA DE TACNA ; REGION DE TACNA.
TESISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
MUESTRA : AGREGADOS PROCEDENTES DE LA CANTERA ARUNTA
FECHA : TACNA , 20 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

MUESTRA N°		AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
		1	2	3	4
Recipiente N°					
Peso del recipiente	gr.	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	796.8	824.7	1,302.8	1,276.9
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	786.3	814.2	1,290.4	1,264.2
Peso del Agua	gr.	10.5	10.5	12.4	12.7
Peso de la muestra seca neta	gr.	786.3	814.2	1,290.4	1,264.2
Porcentaje de humedad	%	1.34	1.29	0.96	1.00
Promedio	%	1.31		0.98	


 Oswaldo Martín Aguilar Pacci
 TEC. LABORATORISTA
 MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS




 JOSE VARGAS CATACORA
 INGENIERO CIVIL
 CIP:106241

Anexo 10: Humedad del agregado fino y grueso (ASTM D- 2216).

DISEÑO DE DOSIFICACION DE MEZCLA DE CONCRETO

$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ - METODO ACI.

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM2
UBICACIÓN : DISTRITO DE TACNA ; PROVINCIA DE TACNA ; REGION DE TACNA.
TESISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
MUESTRA : AGREGADOS PROCEDENTES DE LA CANTERA ARUNTA
FECHA : TACNA , 20 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

CONSTANTES FISICAS		AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
Peso específico	gr/cc	2.663	2.640
Peso unit.suelto / varillado	Kg/m3	1385	1687
Tamaño máximo		19,05 mm	-
Modulo de fineza		-	2.7
Humedad Absorción	%	1.08	1.53
Humedad Natural	%	0.98	1.31
Cemento Portland TIPO IP YURA		P.e. = 2.86	gr/cm3

CONSIDERACIONES : Slump 8 @ 10 cm
 Agua 205 Kg/m3
 Aire atrapado 2.00 %
 Relación agua/cemento 0.57
 Vol. Agregado grueso 0.59 m3

MATERIALES PARA 1m3/CONCRETO	PESO (Kg)	VOLUMEN ABS. (m3)
Agua	205.00	0.205
Cemento	359.65	0.126
Aire	-	0.020
Piedra	909.19	0.341
Arena	813.12	0.308

CORRECCION POR HUMEDAD Y ABSORCION

MATERIALES	PESO (Kg)	VOLUMEN APAR. (m3)
Agua	206.00	0.206
Cemento bls 8.46	359.65	0.240
Piedra	908.08	0.656
Arena	810.48	0.480

DOSIFICACION	CEMENTO	ARENA	PIEDRA	AGUA
En peso	1	2.25	2.52	0.57
En volumen	1	2.00	2.73	0.86
Tanda 1 bolsa de cemento	42.50	95.63	107.10	24.23 Kg

OBSERVACIONES :

- Los agregados fueron proporcionados por el solicitante.
- La variación por humedad se corregirá en obra mediante el ensayo de Revenimiento

Oswaldo Martín Aguilar Pacci
 T.E.C. LABORATORISTA
 MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS



JOSE VARGAS CATAFORA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 106241

Diseño de Mezclas 210 kg/cm²-Comité ACI 211.

1. Resistencia promedio requerida (f'cr)

En esta investigación se calculó con el medo de desviación estándar (Ss), a partir del registro de datos que dispone el laboratorio TECOSUR S.C.R.L. con un registro de más de 30 datos, se obtiene una desviación estándar de 33.99 aplicable en la formula (1) y (2) de la tabla 1a, donde obtenemos:

$$f'_{cr} = 255.5 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots(1)$$

$$f'_{cr} = 285.7 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots(2)$$

Se toma el resultado mayor siendo este 285.7 ≈ **286 kg/cm²**

Tabla 1a. Resistencia promedio requerido (f'cr)

Resistencia específica a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia promedio requerida a la compresión (kg/cm ²)
f'c ≤ 350	Usar el mayor valor obtenido de las ecuaciones (1) y (2) f'cr = f'c + 1.34 Ss.....(1) f'cr = f'c + 2.33Ss – 3.5.....(2)
f'c > 350	Usar el mayor valor obtenido de las ecuaciones (1) y (3) f'cr = f'c + 1.34 Ss.....(1) f'cr = 0.90 f'c + 2.33 Ss.....(3)

Fuente: Comité 211 del ACI.

2. Asentamiento

Se empleará una mezcla con consistencia plástica para ello en necesario contar con un Slump de 3“a 4“.

3. Contenido de aire

Siguiendo los procedimientos del ACI 211, manifiesta que el contenido de aire está relacionado con el tamaño máximo nominal del agregado grueso, tal cual se indica en la siguiente tabla 2a.

Tabla 2a. Contenido de aire atrapado.

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	
Tamaño máximo de agregado grueso	Aire atrapado
3/8"	3,0%
1/2"	2,5%
3/4"	2,0%
1"	1,5%
1 1/2"	1,0%
2"	0,5%
3"	0,3%
4"	0,2%

Fuente: Comité 211 del ACI.

En tal sentido si nuestro diseño empleara un tamaño máximo nominal de 3/4", le corresponde un 2 % de aire atrapado.

4. Contenido de agua

Tabla 3a. Volumen unitario del agua.

VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA						
Tamaño máximo nominal	Volumen unitario de agua expresado en l/m ³					
	Slump 1" a 2"		Slump 3" a 4"		Slump 6" a 4"	
	Agregado redondeado	Agregado Angular	Agregado redondeado	Agregado Angular	Agregado redondeado	Agregado Angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	152	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	185	205	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Fuente: Comité 211 del ACI.

Según la tabla 3a, para un tamaño máximo nominal de 3/4" y un asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado, le corresponde un volumen de agua de 205 l/m3.

5. Relación agua / cemento

En la tabla 4a, se detalla la relación agua cemento en función a la fuerza a la compresión requerida.

Tabla 4a. Relación agua cemento en función de f'_{cr}

f'_{cr} (kg/cm ²)	Relación W/C en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
450	0.38	

Fuente: Comité 211 del ACI.

Teniendo en $f'_{cr} = 294$ kg/cm² se puede localizar que se encuentra entre el intervalo de 250 kg/cm² – 300 kg/cm², mediante la aplicación de la interpolación se logra tener el valor de la relación de W/C.

250 kg/cm² 0.62

286 kg/cm² X

300 kg/cm²..... 0.55

Mediante el cálculo de la interpolación se logra tener la **W/C = 0.57**

6. Cantidad de cemento

Para lograr obtener la cantidad de cemento reemplazamos la cantidad agua en la relación de W/C= 0.57.

$$C = \frac{205 \text{ l/m}^3}{0.57} = 359.65 \text{ kg/m}^3 = 8.46 \text{ bolsas/m}^3$$

7. Contenido del agregado grueso

De acuerdo a la tabla 5a la unidad de volumen del agregado grueso se obtiene a partir del módulo de fineza del agregado fino y tamaño máximo nominal del agregado fino.

Tabla 5a. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto

VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO (Para diversos módulos de fineza del agregado fino)				
Tamaño máximo nominal (Pulgadas)	2.4	2.6	2.8	3.0
3/8	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.60
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2	0.76	0.74	0.72	0.70
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.81	0.79	0.77	0.75
6	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Comité 211 del ACI.

Con un tamaño máximo nominal de 3/4" y un módulo de fineza de 2.7, le corresponde 0.59 m³ de agregado grueso por m³ de concreto, para obtener este resultado en peso (kg) lo multiplicamos por el peso unitario.

$$\text{Peso del AG} = 0.59 \text{ m}^3 \times 1541 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{909.19 \text{ kg}}$$

8. Volumen absoluto

Se determina dividiendo el peso de cada material por su peso específico:

$$\text{Agua} = \frac{205 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.205 \text{ m}^3$$

$$\text{Cemento} = \frac{359.65 \text{ kg/m}^3}{2860.0 \text{ kg/m}^3} = 0.126 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \frac{2.00 \%}{100} = 0.02 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado G.} = \frac{909.19 \text{ kg/m}^3}{2663.0 \text{ kg/m}^3} = 0.341 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado Fino} = 1.00 - 0.205 + 0.126 + 0.02 + 0.341 = 0.308 \text{ m}^3$$

9. Peso del agregado fino

Para determinar este valor se multiplica el volumen absoluto con su peso específico.

$$\text{Agregado Fino} = 0.308 \text{ m}^3 \times 2640 \text{ kg/m}^3 = 813.12 \text{ kg}$$

10. Diseño en estado seco

$$\text{Cemento} = 359.65 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 909.19 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Fino} = 813.12 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 205.00 \text{ l/m}^3$$

11. Corrección por contenido de humedad y absorción

$$\text{Agregado grueso} = 909.19 \text{ kg/m}^3 \times 0.0012 = 908.08 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado fino} = 813.12 \text{ kg/m}^3 \times 0.0032 = 810.48 \text{ kg/m}^3$$

12. Aporte de agua a la mezcla

$$\text{Agregado grueso} = 909.19 \times (0.0098 - 0.0108) = 0.91$$

$$\text{Agregado fino} = 813.12 \times (0.0131 - 0.0153) = - 1.79$$

$$\text{Aporte de agua} = 0.91 - 1.79 = - 0.88$$

13. Cálculo de agua efectiva

$$\text{Agua efectiva} = 205 \text{ l} - (-0.88) = 205.88 \text{ l} \approx 206 \text{ l/m}^3$$

14. Proporcionamiento del diseño

Por último, se determina la dosificación de los materiales en relación al cemento.

$$\text{Cemento} = \frac{359.65 \text{ kg/m}^3}{359.65 \text{ kg/m}^3} = 1$$

$$\text{Agregado fino} = \frac{810.48 \text{ kg/m}^3}{359.65 \text{ kg/m}^3} = 2.25$$

$$\text{Agregado Grueso} = \frac{908.08 \text{ kg/m}^3}{359.65 \text{ kg/m}^3} = 2.52$$

$$\text{Agregado Grueso} = \frac{206.00 \text{ l/m}^3}{359.65 \text{ kg/m}^3} = 0.57$$

**ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECIMENES (PROBETAS) DE CONCRETO EN LABORATORIO
ASTM C-192**

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM2
 UBICACIÓN : DISTRITO DE C.G.A.L. ; PROVINCIA DE TACNA ; DEPARTAMENTO DE TACNA.
 TESISISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 FECHA : 22 DE SETIEMBRE DEL 2021

MUESTRA: PATRÓN (0 % ÓXIDO DE CALCIO Y 0 % CENIZA VOLANTE)

DATOS TÉCNICOS	
f _c	210 kg/cm2
Volumen de probeta	0.0053 cm3
N° probetas	11

ENSAYOS		
Asentamiento	8.5 cm	ASTM C143
Temperatura °C	23.0 °C	ASTM C1064
T. Ambiente	19.5 °C	

Muestra	N°	Denominación	Fecha de Elaboración	Fecha de Desencofrado	Ensayo a la compresión			Ensayo de Porosidad
					7 días	14 días	28 días	28 días
M0	1	M0-01	21/09/2021	22/09/2021	28/09/2021	—	—	—
	2	M0-02	21/09/2021	22/09/2021	28/09/2021	—	—	—
	3	M0-03	21/09/2021	22/09/2021	28/09/2021	—	—	—
	4	M0-04	21/09/2021	22/09/2021	—	5/10/2021	—	—
	5	M0-05	21/09/2021	22/09/2021	—	5/10/2021	—	—
	6	M0-06	21/09/2021	22/09/2021	—	5/10/2021	—	—
	7	M0-07	21/09/2021	22/09/2021	—	—	19/10/2021	—
	8	M0-08	21/09/2021	22/09/2021	—	—	19/10/2021	—
	9	M0-09	21/09/2021	22/09/2021	—	—	19/10/2021	—
	10	M0-10	21/09/2021	22/09/2021	—	—	—	19/10/2021
	11	M0-11	21/09/2021	22/09/2021	—	—	—	19/10/2021



Oswaldo
Oswaldo Martín Aguilar Pacci
 TEG. LABORATORISTA
 MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

JOSE VARGAS
JOSE VARGAS BATAFORA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 106241

**ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECIMENES (PROBETAS) DE CONCRETO EN LABORATORIO
ASTM C-192**

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA
A LA COMPRESIÓN Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM2
UBICACIÓN : DISTRITO DE C.G.A.L. ; PROVINCIA DE TACNA ; DEPARTAMENTO DE TACNA.
TESISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FECHA : 22 DE SETIEMBRE DEL 2021

MUESTRA: M1 (5 % ÓXIDO DE CALCIO Y 0 % CENIZA VOLANTE)

DATOS TÉCNICOS	
f _c =	210 kg/cm ²
Volumen de probeta	0.0053 cm ³
N° probetas =	11

ENSAYOS		
Asentamiento	4.0 cm	ASTM C143
Temperatura °C	27.0°C	ASTM C1064
T. Ambiente	19.5 °C	

Muestra	N°	Denominación	Fecha de Elaboración	Fecha de Desencofrado	Ensayo a la compresión			Ensayo de Porosidad
					7 días	14 días	28 días	28 días
M1	1	M1-01	21/09/2021	22/09/2021	28/09/2021	--	--	--
	2	M1-02	21/09/2021	22/09/2021	28/09/2021	--	--	--
	3	M1-03	21/09/2021	22/09/2021	28/09/2021	--	--	--
	4	M1-04	21/09/2021	22/09/2021	--	5/10/2021	--	--
	5	M1-05	21/09/2021	22/09/2021	--	5/10/2021	--	--
	6	M1-06	21/09/2021	22/09/2021	--	5/10/2021	--	--
	7	M1-07	21/09/2021	22/09/2021	--	--	19/10/2021	--
	8	M1-08	21/09/2021	22/09/2021	--	--	19/10/2021	--
	9	M1-09	21/09/2021	22/09/2021	--	--	19/10/2021	--
	10	M1-10	21/09/2021	22/09/2021	--	--	--	19/10/2021
	11	M1-11	21/09/2021	22/09/2021	--	--	--	19/10/2021

Oswaldo Martin Aguilar Pacci
TEC. LABORATORISTA
MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS



JOSE VARGAS CATAFORA
INGENIERO CIVIL
CIP: 106241

**ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECIMENES (PROBETAS) DE CONCRETO EN LABORATORIO
ASTM C-192**

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA
A LA COMPRESIÓN Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM2
UBICACIÓN : DISTRITO DE C.G.A.L. ; PROVINCIA DE TACNA ; DEPARTAMENTO DE TACNA.
TESISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FECHA : 23 DE SETIEMBRE DEL 2021

MUESTRA: M2 (15 % ÓXIDO DE CALCIO Y 0 % CENIZA VOLANTE)

DATOS TÉCNICOS	
f _c =	210 kg/cm ²
Volumen de probeta	0.0053 cm ³
N° probetas =	11

ENSAYOS		
Asentamiento	4.0 cm	ASTM C143
Temperatura °C	28.0 °C	ASTM C1064
T. Ambiente	22.0 °C	

Muestra	N°	Denominación	Fecha de Elaboración	Fecha de Desencofrado	Ensayo a la compresión			Ensayo de Porosidad
					7 días	14 días	28 días	28 días
M2	1	M2-01	22/09/2021	23/09/2021	29/09/2021	--	--	--
	2	M2-02	22/09/2021	23/09/2021	29/09/2021	--	--	--
	3	M2-03	22/09/2021	23/09/2021	29/09/2021	--	--	--
	4	M2-04	22/09/2021	23/09/2021	--	6/10/2021	--	--
	5	M2-05	22/09/2021	23/09/2021	--	6/10/2021	--	--
	6	M2-06	22/09/2021	23/09/2021	--	6/10/2021	--	--
	7	M2-07	22/09/2021	23/09/2021	--	--	20/10/2021	--
	8	M2-08	22/09/2021	23/09/2021	--	--	20/10/2021	--
	9	M2-09	22/09/2021	23/09/2021	--	--	20/10/2021	--
	10	M2-10	22/09/2021	23/09/2021	--	--	--	20/10/2021
	11	M2-11	22/09/2021	23/09/2021	--	--	--	20/10/2021

Oswaldo Martín Aguilar Pacci
TEC. LABORATORISTA
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS



JOSE VARGAS BATACORA
INGENIERO CIVIL
CIP:106241

**ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECIMENES (PROBETAS) DE CONCRETO EN LABORATORIO
ASTM C-192**

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA
 A LA COMPRESIÓN Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM²
 UBICACIÓN : DISTRITO DE C.G.A.L. ; PROVINCIA DE TACNA ; DEPARTAMENTO DE TACNA.
 TESISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 FECHA : 23 DE SETIEMBRE DEL 2021

MUESTRA: M3 (25 % ÓXIDO DE CALCIO Y 0 % CENIZA VOLANTE)

DATOS TÉCNICOS	
f _c =	210 kg/cm ²
Volumen de probeta	0.0053 cm ³
N° probetas =	11

ENSAYOS		
Asentamiento	3.5 cm	ASTM C143
Temperatura °C	28.0 °C	ASTM C1064
T. Ambiente	22.0 °C	

Muestra	N°	Denominación	Fecha de Elaboración	Fecha de Desencofrado	Ensayo a la compresión			Ensayo de Porosidad
					7 días	14 días	28 días	28 días
M3	1	M3-01	22/09/2021	23/09/2021	29/09/2021	--	--	--
	2	M3-02	22/09/2021	23/09/2021	29/09/2021	--	--	--
	3	M3-03	22/09/2021	23/09/2021	29/09/2021	--	--	--
	4	M3-04	22/09/2021	23/09/2021	--	6/10/2021	--	--
	5	M3-05	22/09/2021	23/09/2021	--	6/10/2021	--	--
	6	M3-06	22/09/2021	23/09/2021	--	6/10/2021	--	--
	7	M3-07	22/09/2021	23/09/2021	--	--	20/10/2021	--
	8	M3-08	22/09/2021	23/09/2021	--	--	20/10/2021	--
	9	M3-09	22/09/2021	23/09/2021	--	--	20/10/2021	--
	10	M3-10	22/09/2021	23/09/2021	--	--	--	20/10/2021
	11	M3-11	22/09/2021	23/09/2021	--	--	--	20/10/2021


 Oswaldo Martín Aguilar Pacci
 TEC. LABORATORISTA
 MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS




 JOSE VARGAS CATACORA
 INGENIERO CIVIL
 CIP:106241

**ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECIMENES (PROBETAS) DE CONCRETO EN LABORATORIO
ASTM C-192**

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA
A LA COMPRESIÓN Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM2
UBICACIÓN : DISTRITO DE C.G.A.L. ; PROVINCIA DE TACNA ; DEPARTAMENTO DE TACNA.
TESISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FECHA : 24 DE SETIEMBRE DEL 2021

MUESTRA: M4 (0 % ÓXIDO DE CALCIO Y 5 % CENIZA VOLANTE)

DATOS TÉCNICOS	
f_c =	210 kg/cm ²
Volumen de probeta	0.0053 cm ³
N° probetas =	11

ENSAYOS		
Asentamiento	7.0 cm	ASTM C143
Temperatura °C	22.0 °C	ASTM C1064
T. Ambiente	18.0 °C	

Muestra	N°	Denominación	Fecha de Elaboración	Fecha de Desencofrado	Ensayo a la compresión			Ensayo de Porosidad
					7 días	14 días	28 días	28 días
M4	1	M4-01	23/09/2021	24/09/2021	30/09/2021	--	--	--
	2	M4-02	23/09/2021	24/09/2021	30/09/2021	--	--	--
	3	M4-03	23/09/2021	24/09/2021	30/09/2021	--	--	--
	4	M4-04	23/09/2021	24/09/2021	--	7/10/2021	--	--
	5	M4-05	23/09/2021	24/09/2021	--	7/10/2021	--	--
	6	M4-06	23/09/2021	24/09/2021	--	7/10/2021	--	--
	7	M4-07	23/09/2021	24/09/2021	--	--	21/10/2021	--
	8	M4-08	23/09/2021	24/09/2021	--	--	21/10/2021	--
	9	M4-09	23/09/2021	24/09/2021	--	--	21/10/2021	--
	10	M4-10	23/09/2021	24/09/2021	--	--	--	21/10/2021
	11	M4-11	23/09/2021	24/09/2021	--	--	--	21/10/2021


Oswaldo Martín Aguilar Pacci
TEC. LABORATORISTA
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS




JOSE VARGAS CATACORA
INGENIERO CIVIL
CIP:106241

**ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECIMENES (PROBETAS) DE CONCRETO EN LABORATORIO
ASTM C-192**

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM2
 UBICACIÓN : DISTRITO DE C.G.A.L. ; PROVINCIA DE TACNA ; DEPARTAMENTO DE TACNA.
 TESISISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 FECHA : 24 DE SETIEMBRE DEL 2021

MUESTRA: M5 (0 % ÓXIDO DE CALCIO Y 15 % CENIZA VOLANTE)

DATOS TÉCNICOS	
f_c =	210 kg/cm2
Volumen de probeta	0.0053 cm3
Nº probetas =	11

ENSAYOS	
Asentamiento	9.5 cm
Temperatura °C	21.0 °C
T. Ambiente	18.0 °C

ASTM C143
ASTM C1064

Muestra	Nº	Denominación	Fecha de Elaboración	Fecha de Desencofrado	Ensayo a la compresión			Ensayo de Porosidad
					7 días	14 días	28 días	28 días
M5	1	M5-01	23/09/2021	24/09/2021	30/09/2021	–	–	–
	2	M5-02	23/09/2021	24/09/2021	30/09/2021	–	–	–
	3	M5-03	23/09/2021	24/09/2021	30/09/2021	–	–	–
	4	M5-04	23/09/2021	24/09/2021	–	7/10/2021	–	–
	5	M5-05	23/09/2021	24/09/2021	–	7/10/2021	–	–
	6	M5-06	23/09/2021	24/09/2021	–	7/10/2021	–	–
	7	M5-07	23/09/2021	24/09/2021	–	–	21/10/2021	–
	8	M5-08	23/09/2021	24/09/2021	–	–	21/10/2021	–
	9	M5-09	23/09/2021	24/09/2021	–	–	21/10/2021	–
	10	M5-10	23/09/2021	24/09/2021	–	–	–	21/10/2021
	11	M5-11	23/09/2021	24/09/2021	–	–	–	21/10/2021


 Oswaldo Marti Aguilar Pacci
 TEC. LABORATORISTA
 MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS




 JOSE VARGAS CATACORA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 106241

**ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECIMENES (PROBETAS) DE CONCRETO EN LABORATORIO
ASTM C-192**

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA
A LA COMPRESIÓN Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM²

UBICACIÓN : DISTRITO DE C.G.A.L. ; PROVINCIA DE TACNA ; DEPARTAMENTO DE TACNA.

TESISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FECHA : 25 DE SETIEMBRE DEL 2021

MUESTRA: M6 (0 % ÓXIDO DE CALCIO Y 25 % CENIZA VOLANTE)

DATOS TÉCNICOS	
f_c =	210 kg/cm ²
Volumen de probeta	0.0053 cm ³
N° probetas =	11

ASTM C143
ASTM C1064

ENSAYOS	
Asentamiento	7.0 cm
Temperatura °C	25.0 °C
T. Ambiente	20.0 °C

ASTM C143
ASTM C1064

Muestra	N°	Denominación	Fecha de Elaboración	Fecha de Desencofrado	Ensayo a la compresión			Ensayo de Porosidad
					7 días	14 días	28 días	28 días
M6	1	M6-01	24/09/2021	25/09/2021	1/10/2021	--	--	--
	2	M6-02	24/09/2021	25/09/2021	1/10/2021	--	--	--
	3	M6-03	24/09/2021	25/09/2021	1/10/2021	--	--	--
	4	M6-04	24/09/2021	25/09/2021	--	8/10/2021	--	--
	5	M6-05	24/09/2021	25/09/2021	--	8/10/2021	--	--
	6	M6-06	24/09/2021	25/09/2021	--	8/10/2021	--	--
	7	M6-07	24/09/2021	25/09/2021	--	--	22/10/2021	--
	8	M6-08	24/09/2021	25/09/2021	--	--	22/10/2021	--
	9	M6-09	24/09/2021	25/09/2021	--	--	22/10/2021	--
	10	M6-10	24/09/2021	25/09/2021	--	--	--	22/10/2021
	11	M6-11	24/09/2021	25/09/2021	--	--	--	22/10/2021



Oswaldo Martín Aguilar Pacci
TEC. LABORATORISTA
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

JOSE VARGAS CAMACHO
INGENIERO CIVIL
CIP: 106241

**ENSAYO FINURA POR MEDIO DE LA MALLA N° 200 (75 µm)
ASTM C-184**

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM2
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TACNA ; PROVINCIA DE TACNA ; DEPARTAMENTO DE TACNA.
 TESISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 FECHA : TACNA; 30 DE SETIEMBRE DEL 2021

La Finura se calcula por medio de la formula:

$$F = (R/50) \times 100$$

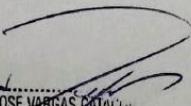
Donde:

F = Finura expresada como porcentaje en peso del residuo que no pasa el tamiz N° 200
 R = Peso del residuo que no pasa el tamiz N° 200, en gramos.

Insumo (aglomerante)	N°	Peso Muestra	Peso Residuo (R)	Finura (F)	Promedio Finura
Cemento portland IP	1	50.00 g	19.50 g	39.0%	37.7%
	2	50.00 g	18.20 g	36.4%	
Óxido de Calcio	1	50.00 g	39.10 g	78.2%	64.6%
	2	50.00 g	25.50 g	51.0%	
Cenizas Volantes	1	50.00 g	8.10 g	16.2%	18.6%
	2	50.00 g	10.50 g	21.0%	


 Oswaldo Martín Aguilar Pacci
 TEC. LABORATORISTA
 MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS




 JOSE VARGAS CATACTI
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 106241

ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILINDRICOS DE CONCRETO
 ASTM C-39

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM²
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TACNA , PROVINCIA DE TACNA , DEPARTAMENTO DE TACNA.
 TESISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 FECHA : 02 DE OCTUBRE DE 2021

F^c DISEÑO : 210 kg/cm²

TIPO DE PROBETA : Cilíndrica de 15 x 30 cm

Muestra N°	N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Peso Especifico (g/cm ³)	Lectura Kg-F	Resistencia (Kg/cm ²)
Patron. 0 % óxido de calcio y 0 % cenizas volantes	M0-01	21/09/2021	28/09/2021	7	14.80	30.50	172.03	13142.00	2.50	22889.00	133.05
	M0-02	21/09/2021	28/09/2021	7	14.80	30.40	172.03	13208.00	2.53	23383.00	135.92
	M0-03	21/09/2021	28/09/2021	7	14.80	30.50	172.03	12902.00	2.46	22905.00	132.56

Resistencia Promedio = 133.84

M1: 5 % óxido de calcio y 0 % cenizas volantes	M1-01	21/09/2021	28/09/2021	7	15.00	30.00	176.71	12780.00	2.41	27745.00	157.00
	M1-02	21/09/2021	28/09/2021	7	15.00	30.20	176.71	12986.00	2.43	27731.00	156.93
	M1-03	21/09/2021	28/09/2021	7	15.00	30.00	176.71	12990.00	2.45	28600.00	161.84

Resistencia Promedio = 158.59

M2: 15 % óxido de calcio y 0 % cenizas volantes	M2-01	22/09/2021	29/09/2021	7	14.80	30.00	172.03	12887.00	2.50	24669.00	143.40
	M2-02	22/09/2021	29/09/2021	7	15.00	30.20	176.71	12868.00	2.40	25745.00	145.69
	M2-03	22/09/2021	29/09/2021	7	15.00	30.00	176.71	12952.00	2.44	24920.00	141.02

Resistencia Promedio = 143.37

M3: 25 % óxido de calcio y 0 % cenizas volantes	M3-01	22/09/2021	29/09/2021	7	15.00	30.00	176.71	12851.00	2.42	18170.00	102.82
	M3-02	22/09/2021	29/09/2021	7	14.80	30.20	172.03	12799.00	2.46	17851.00	103.76
	M3-03	22/09/2021	29/09/2021	7	15.00	30.00	176.71	12840.00	2.42	18949.00	107.23

Resistencia Promedio = 104.61

M4: 0 % óxido de calcio y 5 % cenizas volantes	M4-01	23/09/2021	30/09/2021	7	14.80	30.40	172.03	12027.00	2.30	22731.00	132.13
	M4-02	23/09/2021	30/09/2021	7	15.00	30.20	176.71	12960.00	2.43	22736.00	128.66
	M4-03	23/09/2021	30/09/2021	7	15.00	30.20	176.71	12899.00	2.42	23745.00	134.37

Resistencia Promedio = 131.72

M5: 0 % óxido de calcio y 15 % cenizas volantes	M5-01	23/09/2021	30/09/2021	7	14.40	30.00	162.86	12958.00	2.65	22859.00	140.36
	M5-02	23/09/2021	30/09/2021	7	14.80	30.20	172.03	12933.00	2.49	23954.00	139.24
	M5-03	23/09/2021	30/09/2021	7	14.40	30.20	162.86	12971.00	2.64	23686.00	145.44

Resistencia Promedio = 141.66

M6: 0 % óxido de calcio y 25 % cenizas volantes	M6-01	24/09/2021	1/10/2021	7	15.00	30.00	176.71	12874.00	2.43	18990.00	107.46
	M6-02	24/09/2021	1/10/2021	7	15.00	30.20	176.71	12853.00	2.41	19848.00	112.32
	M6-03	24/09/2021	1/10/2021	7	14.80	30.20	172.03	12950.00	2.49	18634.00	108.32

Resistencia Promedio = 109.36

Oswaldo Martín Aguilar Paacci
 TECNICO LABORATORISTA
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS



JOSE VARGAS CACORA
 INGENIERO CIVIL
 CIP 106241

ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILINDRICOS DE CONCRETO
 ASTM C-39

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM2
 UBICACIÓN : DISTRITO DE TACNA ; PROVINCIA DE TACNA ; DEPARTAMENTO DE TACNA.
 TESISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 FECHA : 08 DE OCTUBRE DE 2021

Fc DISEÑO : 210 kg/cm2
 TIPO DE PROBETA : Cilíndrica de 15 x 30 cm

Muestra N°	N°	Fecha de vaciado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Díámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm2)	Peso (g)	Peso Especifico (g/cm3)	Lectura Kg-F	Resistencia (Kg/cm2)
Patrón: 0 % óxido de calcio y 0 % cenizas volantes	M0-01	21/09/2021	5/10/2021	14	14.40	30.00	162.86	13049.00	2.67	28061.00	172.30
	M0-02	21/09/2021	5/10/2021	14	14.40	30.00	162.86	13025.00	2.67	28823.00	164.70
	M0-03	21/09/2021	5/10/2021	14	14.80	30.20	172.03	13033.00	2.51	28929.00	168.16
Resistencia Promedio =											168.39

M1: 5 % óxido de calcio y 0 % cenizas volantes	M1-01	21/09/2021	5/10/2021	14	14.80	30.40	172.03	12956.00	2.48	31121.00	180.90
	M1-02	21/09/2021	5/10/2021	14	14.80	30.30	172.03	12993.00	2.49	33742.00	196.14
	M1-03	21/09/2021	5/10/2021	14	15.00	30.40	176.71	12983.00	2.42	34461.00	195.01
Resistencia Promedio =											190.88

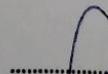
M2: 15 % óxido de calcio y 0 % cenizas volantes	M2-01	22/09/2021	6/10/2021	14	14.80	30.40	172.03	13153.00	2.51	29263.00	170.10
	M2-02	22/09/2021	6/10/2021	14	15.00	30.20	176.71	13005.00	2.44	30418.00	172.14
	M2-03	22/09/2021	6/10/2021	14	14.80	30.40	167.42	13049.00	2.56	27818.00	166.16
Resistencia Promedio =											169.47

M3: 25 % óxido de calcio y 0 % cenizas volantes	M3-01	22/09/2021	6/10/2021	14	14.80	30.30	172.03	12922.00	2.48	21436.00	124.60
	M3-02	22/09/2021	6/10/2021	14	14.80	30.00	172.03	12905.00	2.50	21868.00	127.11
	M3-03	22/09/2021	6/10/2021	14	15.00	30.30	176.71	12974.00	2.42	22841.00	129.25
Resistencia Promedio =											126.99

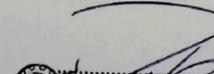
M4: 0 % óxido de calcio y 5 % cenizas volantes	M4-01	23/09/2021	7/10/2021	14	14.40	30.40	162.86	13026.00	2.63	26194.00	160.84
	M4-02	23/09/2021	7/10/2021	14	14.80	30.00	172.03	13010.00	2.52	27850.00	161.89
	M4-03	23/09/2021	7/10/2021	14	14.40	30.40	162.86	12892.00	2.60	27954.00	171.64
Resistencia Promedio =											164.79

M5: 0 % óxido de calcio y 15 % cenizas volantes	M5-01	23/09/2021	7/10/2021	14	14.40	30.40	162.86	12954.00	2.62	27357.00	167.98
	M5-02	23/09/2021	7/10/2021	14	14.80	30.20	172.03	12852.00	2.47	29741.00	172.88
	M5-03	23/09/2021	7/10/2021	14	14.80	30.00	172.03	12845.00	2.49	29845.00	173.48
Resistencia Promedio =											171.45

M6: 0 % óxido de calcio y 25 % cenizas volantes	M6-01	24/09/2021	8/10/2021	14	15.10	30.20	179.08	12968.00	2.40	26146.00	146.00
	M6-02	24/09/2021	8/10/2021	14	15.00	30.00	176.71	12905.00	2.43	26300.00	143.17
	M6-03	24/09/2021	8/10/2021	14	14.80	30.00	172.03	12844.00	2.49	25005.00	145.35
Resistencia Promedio =											144.84


 Oswaldo Martín Aguilar Pacci
 TEC. LABORATORISTA
 MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS



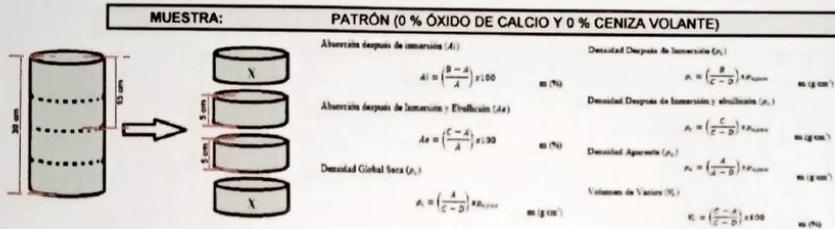

 JOSE VARGAS CATACORÁ
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 106241

Anexo 22: Ensayo Resistencia a la compresión a los 14 días de edad del concreto.

**ENSAYO DE ABSORCIÓN, DENSIDAD Y POROSIDAD DEL CONCRETO
ASTM C-642**

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM2
UBICACIÓN : DISTRITO DE TACNA ; PROVINCIA DE TACNA ; DEPARTAMENTO DE TACNA.
TESISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FECHA : 26 DE OCTUBRE DE 2021

F'c DISEÑO : 210 kg/cm2
TIPO DE PROBETA : Cilíndrica de 15 x 30 cm



1. DATOS DE LABORATORIO

MUESTRA N°	A. MASA SECA AL HOORNO (g)				MASA SECA FINAL (g)
	24h.	$\Delta\%$	OBSERVACIÓN	48h.	
MO-1	1925.00	4.10	OK	-	1925.00
MO-2	1846.00		OK	-	1846.00

MUESTRA N°	B. MASA DESPUES DE INMERSION EN AGUA (g)				MASA SECA FINAL (g)
	48 h.	$\Delta\%$	OBSERVACION	72 h.	
MO-1	2020.00	5.10	Secar 24h. más	2028.00	2028.00
MO-2	1917.00		Secar 24h. más	1934.00	1934.00

MUESTRA N°	MASA DESPUES DE INMERSION (g)	
	C. EBULLICIÓN 5h + 14h	D. SUMERGIDO APARENTE
MO-1	2032.00	1005.00
MO-2	1936.00	915.00

2. RESULTADOS DE ENSAYO

PROPIEDAD	MUESTRA N°	VALOR	PROMEDIO
ABSORCION DESPUES DE INMERSION (%)	MO-1	5.35	5.06
	MO-2	4.77	
ABSORCION DESPUES DE INMERSION Y EBULLICION (%)	MO-1	5.56	5.22
	MO-2	4.88	
DENSIDAD GLOBAL SECA (g/cm ³)	MO-1	1.87	1.84
	MO-2	1.81	
DENSIDAD DESPUES DE INMERSION (g/cm ³)	MO-1	1.97	1.93
	MO-2	1.89	
DENSIDAD DESPUES DE INMERSION Y EBULLICION (g/cm ³)	MO-1	1.98	1.94
	MO-2	1.90	
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	MO-1	2.09	2.04
	MO-2	1.98	
POROSIDAD (%)	MO-1	10.42	9.62
	MO-2	8.81	

Oswaldo Martín Aguilar Pacci
 TEC. LABORATORISTA
 REGISTRO PROFESIONAL N° 100709

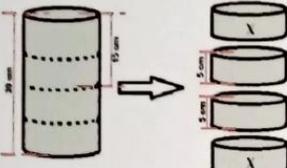
JOSE VARGAS CATOCORA
 INGENIERO CIVIL
 CIP 106241

**ENSAYO DE ABSORCIÓN, DENSIDAD Y POROSIDAD DEL CONCRETO
ASTM C-642**

PROYECTO EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM2
UBICACIÓN DISTRITO DE TACNA ; PROVINCIA DE TACNA ; DEPARTAMENTO DE TACNA.
TESISTA ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FECHA 26 DE OCTUBRE DE 2021

F'c DISEÑO : 210 kg/cm2
TIPO DE PROBETA : Cilíndrica de 15 x 30 cm

MUESTRA: M1 (5 % ÓXIDO DE CALCIO Y 0 % CENIZA VOLANTE)



<p>Aborción después de inmersión (A)</p> $A = \left(\frac{B - A}{A} \right) \times 100 \quad \text{en } (\%)$ <p>Aborción después de inmersión y Ebullición (A#)</p> $A\# = \left(\frac{C - A}{A} \right) \times 100 \quad \text{en } (\%)$ <p>Densidad Global Seca (D_s)</p> $D_s = \left(\frac{A}{C - D} \right) \times \rho_{agua} \quad \text{en } (\text{g cm}^3)$	<p>Densidad Después de Inmersión (D_i)</p> $D_i = \left(\frac{B}{C - D} \right) \times \rho_{agua} \quad \text{en } (\text{g cm}^3)$ <p>Densidad Después de Inmersión y ebullición (D_i#)</p> $D_i\# = \left(\frac{C}{C - D} \right) \times \rho_{agua} \quad \text{en } (\text{g cm}^3)$ <p>Densidad Aparente (D_a)</p> $D_a = \left(\frac{A}{A - D} \right) \times \rho_{agua} \quad \text{en } (\text{g cm}^3)$ <p>Volumen de Vacíos (V_v)</p> $V_v = \left(\frac{C - A}{D - A} \right) \times 100 \quad \text{en } (\%)$
--	--

1. DATOS DE LABORATORIO

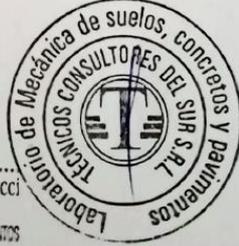
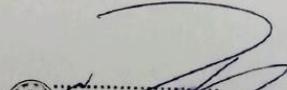
MUESTRA N°	A. MASA SECA AL HOORNO (g)				MASA SECA FINAL (g)
	24h.	Δ%	OBSERVACIÓN	48h.	
M1-1	1951.00	3.95	OK	-	1951.00
M1-2	1874.00		OK	-	1874.00

MUESTRA N°	B. MASA DESPUES DE INMERSION EN AGUA (g)				MASA SECA FINAL (g)
	48 h.	Δ%	OBSERVACION	72 h.	
M1-1	2032.00	4.63	OK	-	2032.00
M1-2	1938.00		OK	-	1938.00

MUESTRA N°	MASA DESPUES DE INMERSION (g)	
	C. EBULLICIÓN 5h + 14h	D. SUMERGIDO APARENTE
M1-1	2046.00	1015.00
M1-2	1953.00	1002.00

2. RESULTADOS DE ENSAYO

PROPIEDAD	MUESTRA N°	VALOR	PROMEDIO
ABSORCION DESPUES DE INMERSION (%)	M1-1	4.15	3.78
	M1-2	3.42	
ABSORCION DESPUES DE INMERSION Y EBULLICION (%)	M1-1	4.87	4.54
	M1-2	4.22	
DENSIDAD GLOBAL SECA (g/cm3)	M1-1	1.89	1.93
	M1-2	1.97	
DENSIDAD DESPUES DE INMERSION (g/cm3)	M1-1	1.97	2.00
	M1-2	2.04	
DENSIDAD DESPUES DE INMERSION Y EBULLICION (g/cm3)	M1-1	1.98	2.02
	M1-2	2.05	
DENSIDAD APARENTE (g/cm3)	M1-1	2.08	2.12
	M1-2	2.15	
POROSIDAD (%)	M1-1	9.21	8.76
	M1-2	8.31	

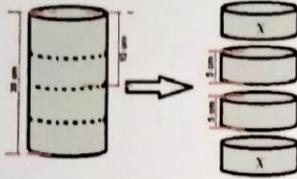

 Oswaldo Martín Aguilar Pacci
 TEC. LABORATORISTA
 MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

 JOSE VARRAS COTACURA
 INGENIERO CIVIL
 CIP 100241

**ENSAYO DE ABSORCIÓN, DENSIDAD Y POROSIDAD DEL CONCRETO
ASTM C-642**

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM²
UBICACIÓN : DISTRITO DE TACNA , PROVINCIA DE TACNA , DEPARTAMENTO DE TACNA.
TESISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FECHA : 26 DE OCTUBRE DE 2021

F'c DISEÑO : 210 kg/cm²
TIPO DE PROBETA : Cilíndrica de 15 x 30 cm

MUESTRA: M2 (15 % ÓXIDO DE CALCIO Y 0 % CENIZA VOLANTE)



Absorción después de inmersión (A)

$$A = \left(\frac{B - A}{A} \right) \times 100 \quad \text{en } (\%)$$

Absorción después de inmersión y ebullición (Ae)

$$Ae = \left(\frac{C - A}{A} \right) \times 100 \quad \text{en } (\%)$$

Densidad Global Seca (ρ_g)

$$\rho_g = \left(\frac{A}{C - B} \right) \times \rho_{agua} \quad \text{en } (\text{g cm}^3)$$

Densidad Después de Inmersión (ρ_i)

$$\rho_i = \left(\frac{B}{C - B} \right) \times \rho_{agua} \quad \text{en } (\text{g cm}^3)$$

Densidad Después de Inmersión y ebullición (ρ_{ie})

$$\rho_{ie} = \left(\frac{C}{C - B} \right) \times \rho_{agua} \quad \text{en } (\text{g cm}^3)$$

Densidad Aparente (ρ_a)

$$\rho_a = \left(\frac{A}{A - B} \right) \times \rho_{agua} \quad \text{en } (\text{g cm}^3)$$

Volumen de Vacíos (V_v)

$$V_v = \left(\frac{C - A}{C - B} \right) \times 100 \quad \text{en } (\%)$$

1. DATOS DE LABORATORIO

MUESTRA N°	A. MASA SECA AL HOORNO (g)				MASA SECA FINAL (g)
	24h.	Δ%	OBSERVACIÓN	48h.	
M2-1	1853.00	4.70	OK	-	1853.00
M2-2	1940.00		OK	-	1940.00

MUESTRA N°	B. MASA DESPUES DE INMERSION EN AGUA (g)				MASA SECA FINAL (g)
	48 h.	Δ%	OBSERVACION	72 h.	
M2-1	1942.00	4.12	OK	-	1942.00
M2-2	2022.00		OK	-	2022.00

MUESTRA N°	MASA DESPUES DE INMERSION (g)	
	C. EBULLICIÓN 5h + 14h	D. SUMERGIDO APARENTE
M2-1	1950.00	1001.00
M2-2	2025.00	1012.00

2. RESULTADOS DE ENSAYO

PROPIEDAD	MUESTRA N°	VALOR	PROMEDIO
ABSORCION DESPUES DE INMERSION (%)	M2-1	4.80	4.51
	M2-2	4.23	
ABSORCION DESPUES DE INMERSION Y EBULLICION (%)	M2-1	5.23	4.81
	M2-2	4.38	
DENSIDAD GLOBAL SECA (g/cm ³)	M2-1	1.95	1.93
	M2-2	1.92	
DENSIDAD DESPUES DE INMERSION (g/cm ³)	M2-1	2.05	2.02
	M2-2	2.00	
DENSIDAD DESPUES DE INMERSION Y EBULLICION (g/cm ³)	M2-1	2.05	2.03
	M2-2	2.00	
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	M2-1	2.17	2.13
	M2-2	2.09	
POROSIDAD (%)	M2-1	10.22	9.31
	M2-2	8.39	



Oswaldo Martín Aguilar Paez
TECNICORRATISTA
MECÁNICO DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

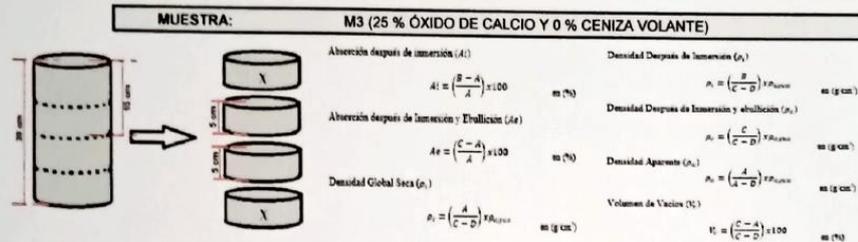
JOSE VARGAS
INGENIERO CIVIL
CIP 106241

Anexo 26: Ensayo de porosidad para muestra patrón M2.

**ENSAYO DE ABSORCIÓN, DENSIDAD Y POROSIDAD DEL CONCRETO
ASTM C-642**

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM2
UBICACIÓN : DISTRITO DE TACNA ; PROVINCIA DE TACNA ; DEPARTAMENTO DE TACNA.
TESISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FECHA : 26 DE OCTUBRE DE 2021

Fc DISEÑO : 210 kg/cm2
TIPO DE PROBETA : Cilíndrica de 15 x 30 cm



1. DATOS DE LABORATORIO

MUESTRA N°	A. MASA SECA AL HOORNO (g)				MASA SECA FINAL (g)
	24h.	Δ%	OBSERVACIÓN	48h.	
M3-1	1915.00	1.41	OK	-	1915.00
M3-2	1888.00		OK	-	1888.00

MUESTRA N°	B. MASA DESPUES DE INMERSION EN AGUA (g)				MASA SECA FINAL (g)
	48 h.	Δ%	OBSERVACION	72 h.	
M3-1	2016.00	1.09	OK	-	2016.00
M3-2	1994.00		OK	-	1994.00

MUESTRA N°	MASA DESPUES DE INMERSION (g)	
	C. EBULLICIÓN 5h + 14h	D. SUMERGIDO APARENTE
M3-1	2020.00	1001.00
M3-2	1998.00	1012.00

2. RESULTADOS DE ENSAYO

PROPIEDAD	MUESTRA N°	VALOR	PROMEDIO
ABSORCION DESPUES DE INMERSION (%)	M3-1	5.27	5.44
	M3-2	5.61	
ABSORCION DESPUES DE INMERSION Y EBULLICION (%)	M3-1	5.48	5.65
	M3-2	5.83	
DENSIDAD GLOBAL SECA (g/cm ³)	M3-1	1.88	1.90
	M3-2	1.91	
DENSIDAD DESPUES DE INMERSION (g/cm ³)	M3-1	1.98	2.00
	M3-2	2.02	
DENSIDAD DESPUES DE INMERSION Y EBULLICION (g/cm ³)	M3-1	1.98	2.00
	M3-2	2.03	
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	M3-1	2.10	2.13
	M3-2	2.16	
POROSIDAD (%)	M3-1	10.30	10.73
	M3-2	11.16	

Oswaldo Martín Aguilar Paez
 TECNICO EN PATOLOGIA
 INGENIERO EN GEOTECNIA

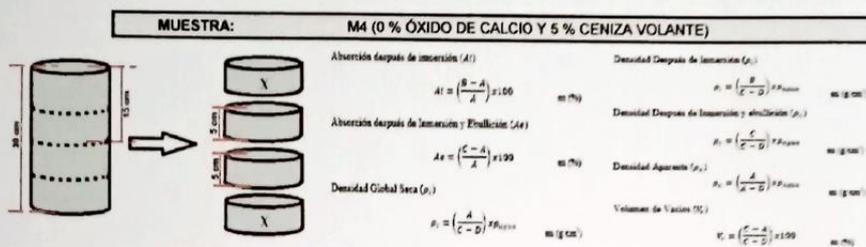
JOSÉ VARGAS LATORRE
 INGENIERO CIVIL
 CIP 106241

Anexo 27: Ensayo de porosidad para muestra patrón M3.

**ENSAYO DE ABSORCIÓN, DENSIDAD Y POROSIDAD DEL CONCRETO
ASTM C-642**

PROYECTO EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM2
UBICACIÓN DISTRITO DE TACNA ; PROVINCIA DE TACNA , DEPARTAMENTO DE TACNA
TESISTA ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FECHA 26 DE OCTUBRE DE 2021

F_c DISEÑO : 210 kg/cm2
TIPO DE PROBETA : Cilíndrica de 15 x 30 cm



1. DATOS DE LABORATORIO

MUESTRA N°	A. MASA SECA AL HOORNO (g)				MASA SECA FINAL (g)
	24h.	Δ%	OBSERVACIÓN	48h.	
M4-1	1884.00	1.17	OK	-	1884.00
M4-2	1862.00		OK	-	1862.00

MUESTRA N°	B. MASA DESPUES DE INMERSION EN AGUA (g)				MASA SECA FINAL (g)
	48 h.	Δ%	OBSERVACION	72 h	
M4-1	1934.00	0.10	OK	-	1934.00
M4-2	1932.00		OK	-	1932.00

MUESTRA N°	C. EBULLICIÓN		D. SUMERGIDO APARENTE
	5h + 14h		
	5h	14h	
M4-1	1938.00		1111.00
M4-2	1940.00		1115.00

2. RESULTADOS DE ENSAYO

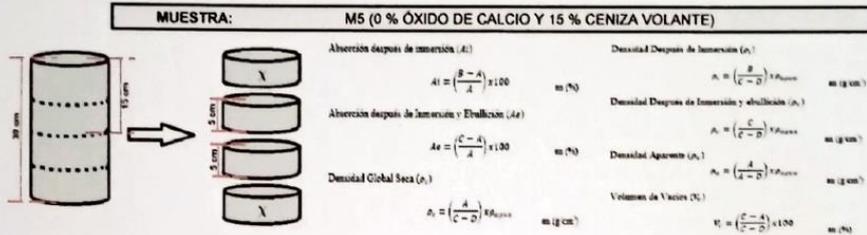
PROPIEDAD	MUESTRA N°	VALOR	PROMEDIO
ABSORCIÓN DESPUES DE INMERSION (%)	M4-1	2.65	3.21
	M4-2	3.76	
ABSORCION DESPUES DE INMERSION Y EBULLICION (%)	M4-1	2.87	3.53
	M4-2	4.19	
DENSIDAD GLOBAL SECA (g/cm ³)	M4-1	2.28	2.27
	M4-2	2.26	
DENSIDAD DESPUES DE INMERSION (g/cm ³)	M4-1	2.34	2.34
	M4-2	2.34	
DENSIDAD DESPUES DE INMERSION Y EBULLICION (g/cm ³)	M4-1	2.34	2.35
	M4-2	2.35	
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	M4-1	2.44	2.46
	M4-2	2.49	
POROSIDAD (%)	M4-1	6.53	7.99
	M4-2	9.45	

Oswaldo Moran Aguilar Pacci
 TECNICARIA
 JOSE VARGAS PATACORA
 INGENIERO CIVIL
 CIP 100241

**ENSAYO DE ABSORCIÓN, DENSIDAD Y POROSIDAD DEL CONCRETO
ASTM C-642**

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM²
UBICACIÓN : DISTRITO DE TACNA , PROVINCIA DE TACNA , DEPARTAMENTO DE TACNA.
TESISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FECHA : 26 DE OCTUBRE DE 2021

F'c DISEÑO : 210 kg/cm²
TIPO DE PROBETA : Cilíndrica de 15 x 30 cm



1. DATOS DE LABORATORIO

MUESTRA N°	A. MASA SECA AL HOORNO (g)				MASA SECA FINAL (g)
	24h.	Δ%	OBSERVACIÓN	48h.	
M5-1	1942.00	0.67	OK	-	1942.00
M5-2	1955.00		OK	-	1955.00

MUESTRA N°	B. MASA DESPUES DE INMERSION EN AGUA (g)				MASA SECA FINAL (g)
	48 h.	Δ%	OBSERVACION	72 h.	
M5-1	1974.00	1.62	OK	-	1974.00
M5-2	2008.00		OK	-	2006.00

MUESTRA N°	C. EBULLICIÓN		D. SUMERGIDO APARENTE
	5h + 14h		
M5-1	1978.00		1160.00
M5-2	2002.00		1171.00

2. RESULTADOS DE ENSAYO

PROPIEDAD	MUESTRA N°	VALOR	PROMEDIO
ABSORCION DESPUES DE INMERSION (%)	M5-1	1.65	2.18
	M5-2	2.71	
ABSORCION DESPUES DE INMERSION Y EBULLICION (%)	M5-1	1.85	2.13
	M5-2	2.40	
DENSIDAD GLOBAL SECA (g/cm ³)	M5-1	2.37	2.36
	M5-2	2.42	
DENSIDAD DESPUES DE INMERSION (g/cm ³)	M5-1	2.41	2.41
	M5-2	2.42	
DENSIDAD DESPUES DE INMERSION Y EBULLICION (g/cm ³)	M5-1	2.42	2.41
	M5-2	2.49	
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	M5-1	2.48	2.49
	M5-2	2.49	
POROSIDAD (%)	M5-1	4.40	5.03
	M5-2	5.66	

2

Oswaldo Martín Aguilar Paez
 T.C. GEOMETRISTA
 NEPOMUCENO DE LA ROSA

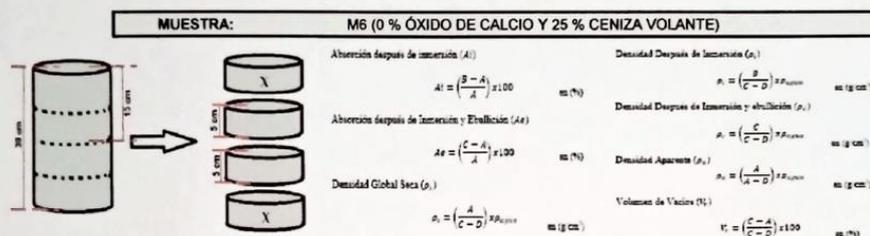
Laboratorio de Mecánica de suelos, concretos y pavimentos
 TECNICOS CONSULTORES DEL SUR S.R.L.

JOSE VARGAS
 INGENIERO CIVIL
 CIP 116241

**ENSAYO DE ABSORCIÓN, DENSIDAD Y POROSIDAD DEL CONCRETO
ASTM C-642**

PROYECTO : EFECTO DEL ÓXIDO DE CALCIO Y CENIZAS VOLANTES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y POROSIDAD DEL CONCRETO 210 KG/CM2
UBICACIÓN : DISTRITO DE TACNA ; PROVINCIA DE TACNA ; DEPARTAMENTO DE TACNA.
TESISTA : ROY SMHIT HERNÁNDEZ CAMACHO - UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FECHA : 26 DE OCTUBRE DE 2021

F'c DISEÑO : 210 kg/cm2
TIPO DE PROBETA : Cilíndrica de 15 x 30 cm



1. DATOS DE LABORATORIO

MUESTRA N°	A. MASA SECA AL HOORNO (g)				MASA SECA FINAL (g)
	24h	Δ%	OBSERVACIÓN	48h.	
M6-1	1858.00	3.55	OK	-	1858.00
M6-2	1924.00		OK	-	1924.00

MUESTRA N°	B. MASA DESPUES DE INMERSION EN AGUA (g)				MASA SECA FINAL (g)
	48 h	Δ%	OBSERVACION	72 h.	
M6-1	1928.00	1.23	OK	-	1948.00
M6-2	1992.00		OK	-	1972.00

MUESTRA N°	C. EBULLICIÓN		D. SUMERGIDO APARENTE
	5h + 14h		
	M6-1	1929.00	
M6-2	1994.00	1151.00	

2. RESULTADOS DE ENSAYO

PROPIEDAD	MUESTRA N°	VALOR	PROMEDIO
ABSORCION DESPUES DE INMERSION (%)	M6-1	3.77	3.65
	M6-2	2.49	
ABSORCION DESPUES DE INMERSION Y EBULLICION (%)	M6-1	4.95	3.73
	M6-2	2.60	
DENSIDAD GLOBAL SECA (g/cm ³)	M6-1	2.35	2.35
	M6-2	2.34	
DENSIDAD DESPUES DE INMERSION (g/cm ³)	M6-1	2.47	2.44
	M6-2	2.40	
DENSIDAD DESPUES DE INMERSION Y EBULLICION (g/cm ³)	M6-1	2.47	2.44
	M6-2	2.40	
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	M6-1	2.66	2.58
	M6-2	2.49	
POROSIDAD (%)	M6-1	9.23	8.77
	M6-2	8.30	

Oswaldo Martín Aguilar Paez
 TEC. LABORATORIA
 MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Laboratorio de Mecánica de suelos, concretos y pavimentos
 TECNICOS CONSULTORES DEL SUR S.C.R.L.

JOSÉ VARGAS T. MACCORA
 INGENIERO CIVIL
 CIP 106241

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 015 - 2021*Área de Metrología*
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	210053	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	TÉCNICOS CONSULTORES DEL SUR S.R.L.	
3. Dirección	Av. Luis Basadre Flores N° 1-A, Tacna - Tacna - TACNA	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	
Capacidad	203943 kgf / 2000 kN	
Marca	ALFA	
Modelo	NO INDICA	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Número de Serie	NO INDICA	
Procedencia	NO INDICA	
Identificación	MF-48	
Indicación	DIGITAL	
Marca	ALFA	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	1 kgf	
Ubicación	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
5. Fecha de Calibración	2021-01-26	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-01-30

Firmado digitalmente por
Eleazar Cesar Chavez Raraz
Fecha: 2021.02.02 13:37:06
-05'00'

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Telf: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com

Anexo 31: Certificado de calibración de la prensa de concreto.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 025 - 2021***Área de Metrología
Laboratorio de Masa*

Página 1 de 4

1. Expediente	210053	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	TÉCNICOS CONSULTORES DEL SUR S.R.L.	
3. Dirección	Av. Luis Basadre Flores N° 1-A, Tacna - Tacna - TACNA	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	
Capacidad Máxima	30 000 g	
División de escala (d)	1 g	
Div. de verificación (e)	10 g	
Clase de exactitud	III	
Marca	OHAUS	
Modelo	EB30	
Número de Serie	NO INDICA	
Capacidad mínima	20 g	
Procedencia	U.S.A,	
Identificación	1339675 TC (*)	
Ubicación	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	
5. Fecha de Calibración	2021-01-26	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-01-30

Firmado digitalmente por
Eleazar Cesar Chavez Raraz
Fecha: 2021.02.02 13:33:04
-05'00'**Metrología & Técnicas S.A.C.**Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Telf: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com

Anexo 32: Certificado de calibración de balanza electrónica



Anexo 34: Donación de 50 kg de cenizas volantes por la empresa ENGIE - ILO.



Anexo 35: Ingreso a cantera Arunta – Tacna.



Anexo 36: ensayo de granulometría de los agregados según ASTM C-136.



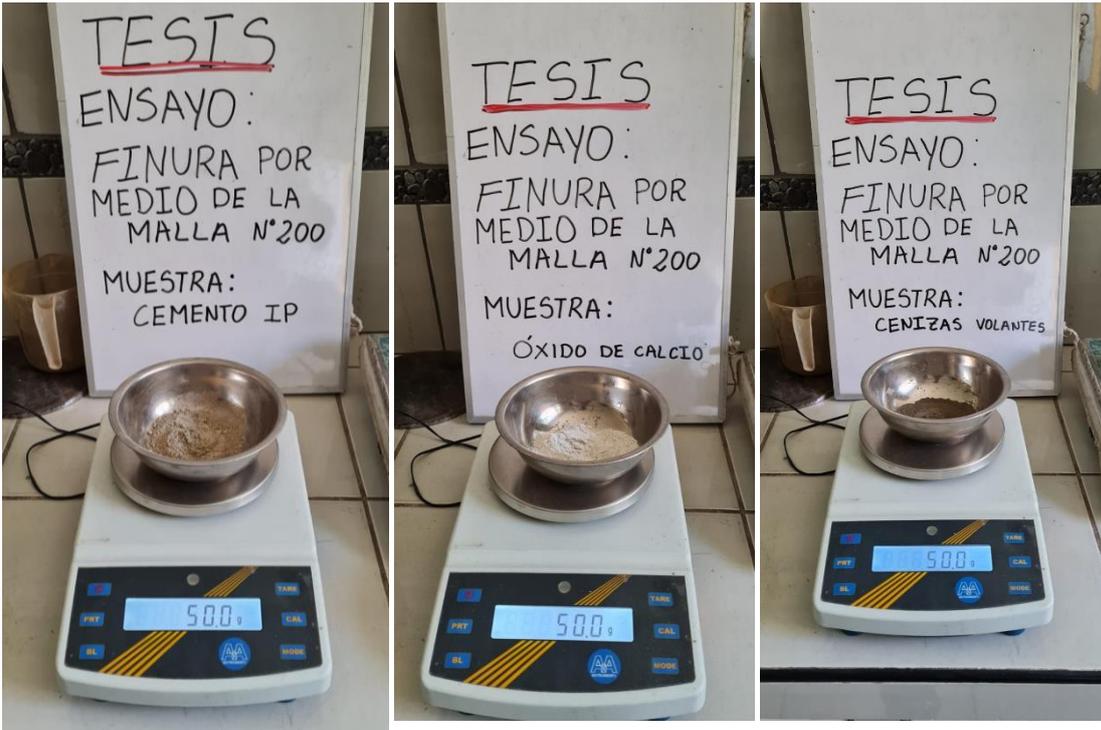
Anexo 37: ensayo de peso específico ASTM C-136



Anexo 38: ensayo del peso unitario según ASTM C-29



Anexo 39: ensayo del Absorción según ASTM C-128



Anexo 40: Ensayo para determinar la finura de los aglomerantes.



Anexo 41: pesado de materiales para la preparación de muestras.



Anexo 42: Ensayo del asentamiento por Slump.



Anexo 43: Medición de la temperatura del concreto en estado fresco.



Anexo 44: Preparación de probetas de 15 cm x 30 cm.



Anexo 45: Rotúralo y posterior curado de probetas.



Anexo 46: pesado y medición (diámetro y altura) de testigos.



Anexo 47: Ensayo Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días.



Anexo 48: Principales fallas de las briquetas de concreto.



Anexo 49: Corte de probetas en muestras de 5 cm, para ensayo de porosidad.



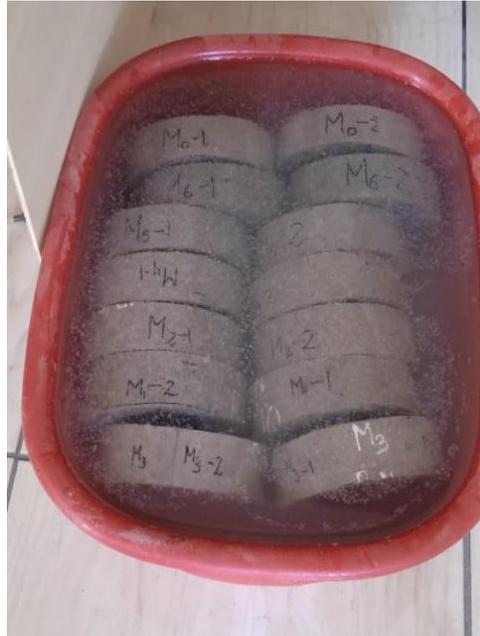
Anexo 50: Muestras secadas al horno por 24 horas.



Anexo 51: Muestras enfriadas a temperatura ambiente.



Anexo 52: Peso de muestras seca al horno.



Anexo 53: Muestras sumergidas en agua a 21 °C por 48 horas.



Anexo 54: Secado superficial y pesado de muestras después de inmersión en agua por 48 horas.



Anexo 55: Ebullición de muestras por 5 horas y secadas al ambiente por 14 horas.



Anexo 56: Sistema para determinar el peso sumergido aparente.



Anexo 57: Peso de muestras sumergidas.

Anexo 58: Análisis estadístico para resultados de resistencia a la compresión.

ANÁLISIS DE VARIANZA ANOVA - Resistencia a la compresión																																		
M0= Muestra Patrón																																		
M1= 5% OC																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Nº</th> <th style="width: 30%;">M0</th> <th style="width: 30%;">M1</th> <th colspan="4"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>205.262</td> <td>212.698</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>208.395</td> <td>226.037</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>208.744</td> <td>225.363</td> <td colspan="4"></td> </tr> </tbody> </table>							Nº	M0	M1					1	205.262	212.698					2	208.395	226.037					3	208.744	225.363				
Nº	M0	M1																																
1	205.262	212.698																																
2	208.395	226.037																																
3	208.744	225.363																																
Hipótesis nula		Ho= M0=M1		No existe diferencias significativas																														
Hipótesis alternativ		Hi= M0≠M1		Existe diferencias significativas																														
Análisis de varianza de un factor																																		
RESUMEN																																		
<i>Muestras</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>																														
M0	3	622.401392	207.4671307	3.677418022																														
M1	3	664.0980108	221.3660036	56.46655627																														
ANÁLISIS DE VARIANZA																																		
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>																												
Entre grupos	289.7680034	1	289.7680034	9.635811627	0.03607534	7.708647422																												
Dentro de los grupo	120.2879486	4	30.07198714																															
Total	410.055952	5																																
<p>F > F_{crítico} = Se Acepta Hi</p> <p>F < F_{crítico} = Se Acepta Ho</p>																																		
Conclusión =		SE ACEPTA Hi		EXISTE DIFERENCIAS ESTADISTICAS SIGNIFICATIVAS																														
M0= Muestra Patrón																																		
M1= 15% OC																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Nº</th> <th style="width: 30%;">M0</th> <th style="width: 30%;">M2</th> <th colspan="4"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>205.262</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>208.395</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>208.744</td> <td colspan="5">HIPOTESIS NULA (Ho)</td> </tr> </tbody> </table>							Nº	M0	M2					1	205.262	-					2	208.395	-					3	208.744	HIPOTESIS NULA (Ho)				
Nº	M0	M2																																
1	205.262	-																																
2	208.395	-																																
3	208.744	HIPOTESIS NULA (Ho)																																
Hipótesis nula		H0= M0=M2		No existe diferencias significativas																														
Hipótesis alternativ		Hi= M0≠M2		Existe diferencias significativas																														
Análisis de varianza de un factor																																		
RESUMEN																																		
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>																														
M0	3	622.401392	207.4671307	3.677418022																														
M2	3	563.87941	187.9598033	7.209293854																														

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	570.80373	1	570.80373	104.8624666	0.000512617	7.708647422
Dentro de los grupo	21.77342375	4	5.443355938			
Total	592.5771538	5				

$F > F_{\text{ritico}} = \text{Se Acepta Hi}$

$F < F_{\text{ritico}} = \text{Se Acepta H0}$

Conclusión = SE ACEPTA Hi EXISTE DIFERENCIAS ESTADISTICAS SIGNIFICATIVAS

M0= Muestra Patrón

M3= 25% OC

Nº	M0	M3
1	205.262	150.282
2	208.395	143.791
3	208.744	145.455

Hipótesis nula

H0= M0=M3

No existe diferencias significativas

Hipótesis alternativ

Hi= M0≠M3

Existe diferencias significativas

Análisis de varianza de un factor**RESUMEN**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
M0	3	622.401392	207.4671307	3.677418022
M3	3	439.5279497	146.5093166	11.36614

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	5573.782652	1	5573.782652	741.0191983	1.08292E-05	7.708647422
Dentro de los grupo	30.08711604	4	7.52177901			
Total	5603.869768	5				

$F > F_{\text{ritico}} = \text{Se Acepta Hi}$

$F < F_{\text{ritico}} = \text{Se Acepta H0}$

Conclusión = SE ACEPTA Hi EXISTE DIFERENCIAS ESTADISTICAS SIGNIFICATIVAS

M0= Muestra Patrón

M4= 5% CV

Nº	M0	M4
1	205.262	205.759
2	208.395	212.659
3	208.744	210.720

Hipótesis nula **H0= M0=M4** No existe diferencias significativas

Hipótesis alternativ **Hi= M0≠M4** Existe diferencias significativas

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
M0	3	622.401392	207.4671307	3.677418022
M4	3	629.1390872	209.7130291	12.66351737

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	7.566089464	1	7.566089464	0.92602893	0.390391321	7.708647422
Dentro de los grupo	32.68187079	4	8.170467698			
Total	40.24796026	5				

F > F_{crítico} = Se Acepta Hi

F < F_{crítico} = Se Acepta H0

Conclusión =

SE ACEPTA H0

NO EXISTE DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS

M0= Muestra Patrón

M5= 15% CV

Nº	M0	M5
1	205.262	229.719
2	208.395	219.280
3	208.744	230.087

Hipótesis nula **H0= M0=M5** No existe diferencias significativas

Hipótesis alternativ **Hi= M0≠M5** Existe diferencias significativas

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
M0	3	622.401392	207.4671307	3.677418022
M5	3	679.0856515	226.3618838	37.64721343

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	535.5175449	1	535.5175449	25.91759569	0.007026882	7.708647422
Dentro de los grupo	82.64926289	4	20.66231572			
Total	618.1668078	5				

$F > F_{\text{ritico}} = \text{Se Acepta Hi}$

$F < F_{\text{ritico}} = \text{Se Acepta H0}$

Conclusión = **SE ACEPTA HI**

EXISTE DIFERENCIAS ESTADISTICAS SIGNIFICATIVAS

M0= Muestra Patrón

M6= 25% CV

Nº	M0	M6
1	205.262	153.447
2	208.395	169.108
3	208.744	166.855

Hipótesis nula

H0 = M0 = M6

No existe diferencias significativas

Hipótesis alternativ

Hi = M0 ≠ M6

Existe diferencias significativas

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
M0	3	622.401392	207.4671307	3.677418022
M6	3	489.4098239	163.136608	71.68944709

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2947.792866	1	2947.792866	78.22516864	0.000902243	7.708647422
Dentro de los grupo	150.7337302	4	37.68343256			
Total	3098.526597	5				

$F > F_{\text{ritico}} = \text{Se Acepta Hi}$

$F < F_{\text{ritico}} = \text{Se Acepta H0}$

Conclusión = **SE ACEPTA HI**

EXISTE DIFERENCIAS ESTADISTICAS SIGNIFICATIVAS

Anexo 59: Análisis estadístico para resultados de porosidad.

ANÁLISIS DE VARIANZA ANOVA

M0= Muestra Patrón

M1= 5% OC

Nº	M0	M1
1	10.419	9.214
2	8.815	8.307

Hipótesis nula **Ho=** M0=M1 No existe diferencias significativas
 Hipótesis alternativa **Hi=** M0≠M1 Existe diferencias significativas

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	2	19.233583	9.6167913	1.28609983
Columna 2	2	17.5214	8.7607001	0.41160552

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.7328921	1	0.7328921	0.86339143	0.45088475	18.5128205
Dentro de los	1.6977053	2	0.8488527			
Total	2.4305975	3				

F > F_{ritico} = Se Acepta Hi

F < F_{ritico} = Se Acepta Ho

Conclusión = SE ACEPTA H0 NO EXISTE DIFERENCIAS ESTADISTICAMENTE SIGNIFICATIVAS

M0= Muestra Patrón

M1= 15% OC

Nº	M0	M2
1	10.419	10.221
2	8.815	8.391

Hipótesis nula **HO=** M0=M2 No existe diferencias significativas
 Hipótesis alternativa **Hi=** M0≠M2 Existe diferencias significativas

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	2	19.233583	9.6167913	1.28609983
Columna 2	2	18.612204	9.3061018	1.67512259

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.096528	1	0.096528	0.06519467	0.82232532	18.5128205
Dentro de los	2.9612224	2	1.4806112			
Total	3.0577504	3				

$F > F_{\text{ritico}} = \text{Se Acepta } H_1$

$F < F_{\text{ritico}} = \text{Se Acepta } H_0$

Conclusión = SE ACEPTA H0 NO EXISTE DIFERENCIAS ESTADISTICAMENTE SIGNIFICATIVAS

M0= Muestra Patrón

M3= 25% OC

Nº	M0	M3
1	10.419	10.304
2	8.815	11.156

Hipótesis nula **H0=** M0=M3 No existe diferencias significativas
 Hipótesis alternativa **Hi=** M0≠M3 Existe diferencias significativas

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	2	19.233583	9.6167913	1.28609983
Columna 2	2	21.460406	10.730203	0.3629237

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1.2396861	1	1.2396861	1.50353961	0.34490555	18.5128205
Dentro de los	1.6490235	2	0.8245118			
Total	2.8887096	3				

F > F_{ritico} = Se Acepta Hi

F < F_{ritico} = Se Acepta H0

Conclusión = SE ACEPTA H0 NO EXISTE DIFERENCIAS ESTADISTICAMENTE SIGNIFICATIVAS

M0= Muestra Patrón

M4= 5% CV

Nº	M0	M4
1	10.419	6.530
2	8.815	9.455

Hipótesis nula **H0= M0=M4** No existe diferencias significativas
 Hipótesis alternativa **Hi= M0≠M4** Existe diferencias significativas

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	2	19.233583	9.6167913	1.28609983
Columna 2	2	15.984171	7.9920853	4.27757939

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2.6396696	1	2.6396696	0.94889352	0.43274387	18.5128205
Dentro de los	5.5636792	2	2.7818396			
Total	8.2033488	3				

F > F_{ritico} = Se Acepta Hi

F < F_{ritico} = Se Acepta H0

Conclusión = SE ACEPTA H0 NO EXISTE DIFERENCIAS ESTADISTICAMENTE SIGNIFICATIVAS

M0= Muestra Patrón

M5= 15% CV

Nº	M0	M5
1	10.419	4.401
2	8.815	5.656

Hipótesis nula **H0=** M0=M5 No existe diferencias significativas
Hipótesis alternativa **Hi=** M0≠M5 Existe diferencias significativas

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	2	19.233583	9.6167913	1.28609983
Columna 2	2	10.056814	5.0284072	0.78733474

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	21.053269	1	21.053269	20.307628	0.04588021	18.5128205
Dentro de los	2.0734346	2	1.0367173			
Total	23.126703	3				

F > F_{ritico} = Se Acepta Hi

F < F_{ritico} = Se Acepta H0

Conclusión = SE ACEPTA Hi EXISTE DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS SIGNIFICATIVAS

M0= Muestra Patrón

M6= 25% CV

Nº	M0	M6
1	10.419	9.233
2	8.815	8.304

Hipótesis nula **H0 =** M0 = M6 No existe diferencias significativas
Hipótesis alternativa **Hi =** M0 ≠ M6 Existe diferencias significativas

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	2	19.233583	9.6167913	1.28609983
Columna 2	2	17.536447	8.7682236	0.43160643

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.7200672	1	0.7200672	0.83840547	0.45651216	18.5128205
Dentro de los	1.7177063	2	0.8588531			
Total	2.4377734	3				

$F > F_{\text{ritico}} = \text{Se Acepta } H_1$

$F < F_{\text{ritico}} = \text{Se Acepta } H_0$

Conclusión = **SE ACEPTA H0** NO EXISTE DIFERENCIAS ESTADISTICAMENTE SIGNIFICATIVAS