



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO

F'c 210 KG/CM² EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO COMO

AGREGADO GRUESO

Línea de investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el título profesional de Ingeniera Civil

Autora:

Sifuentes Rosario, Dalila Heydy

Asesor:

Tello Malpartida, Omar Demetrio

ORCID: 0000-0002-5043-6510

Jurado:

Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique

Quintanilla Huayta, Dario

Madrid Saldaña, Cesar Karlo

Lima - Perú

2024



EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c 210 KG/CM2 EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO COMO AGREGADO GRUESO

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Dumfries and Galloway College	5%
	Trabajo del estudiante	
2	hdl.handle.net	4%
	Fuente de Internet	
3	repositorio.unfv.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
4	repositorio.ucv.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo	1%
	Trabajo del estudiante	
6	repositorio.utea.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
7	Submitted to Universidad Continental	<1%
	Trabajo del estudiante	
8	repositorio.uns.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL
CONCRETO F'C 210 KG/CM² EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO
COMO AGREGADO GRUESO**

Línea de investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad del territorio

Modalidad de Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Sifuentes Rosario, Dalila Heydy

Asesor:

Tello Malpartida, Omart Demetrio

ORCID: 0000-0002-5043-6510

Jurado:

Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique

Quintanilla Huayta, Dario

Madrid Saldaña, Cesar Karlo

**Lima, Perú
2024**

Dedicatoria

A mis padres Gilberto y Consuelo, cuyo amor, respaldo absoluto y sacrificio han sido la base de mi educación y desarrollo profesional.

A mis hermanos Mayumi, Ghelsin y Medali, por su paciencia y aliento en cada paso de este camino.

A mis amigos, cuya amistad y ánimo han sido una fuente constante de inspiración.

A mi niebla, mi amiga de 4 patas que ha sido mi compañera desde el inicio de mi vida universitaria y estar a mi lado en las largas noches de estudio.

Agradecimiento

Al ing. Tello Malpartida Omart Demetrio, por su orientación experta, paciencia y apoyo continuo a lo largo de este proceso.

A mis amigos, gracias por apoyarme y creer en mí.

ÍNDICE

RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Descripción y formulación del problema.....	16
1.1.1. Problema general	18
1.1.2. Problemas específicos	18
1.2. Antecedentes.....	19
1.2.1. Antecedentes internacionales	19
1.2.2. Antecedentes nacionales	21
1.3. Objetivos	28
1.3.1. Objetivo general	28
1.3.2. Objetivo específico	29
1.4. Justificación.....	29
1.4.1. Social.	29
1.4.2. Teórico.	29
1.4.3. Metodológica.	29
1.4.4. Práctica.	30
1.5. Hipótesis.....	30
1.5.1. Hipótesis general	30
1.5.2. Hipótesis específicas	30
II. MARCO TEÓRICO	31
2.1. Bases teóricas.....	31
2.1.1. Concreto	31
2.1.2. Propiedades físicas	35
2.1.3. Propiedades mecánicas	40
2.1.4. Agregado grueso	50
2.1.5. Cemento endurecido	58
III. MÉTODO	79

3.1.	Tipo de investigación	79
3.2.	Ámbito temporal y espacial	79
3.2.1.	<i>Ámbito temporal</i>	79
3.2.2.	<i>Ámbito espacial</i>	79
3.3.	Variables.....	79
3.3.1.	<i>Variable dependiente</i>	79
3.3.2.	<i>Variable Independiente</i>	80
3.4.	Población y muestra.....	80
3.4.1.	<i>Población</i>	80
3.4.2.	<i>Muestra</i>	80
3.5.	Instrumentos.....	81
3.6.	Procedimientos	82
3.7.	Análisis de datos	125
3.8.	Consideraciones éticas.....	125
IV.	RESULTADOS	126
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	139
VI.	CONCLUSIONES.....	142
VII.	RECOMENDACIONES	144
VIII.	REFERENCIAS.....	145
IX.	ANEXOS.....	154

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cambios volumétricos del concreto	33
Tabla 2 Proporción de mezcla y volumen del medidor	39
Tabla 3 Resistencia relativa aproximada del concreto según el tipo de cemento	44
Tabla 4 Fases de reacción por hidratación del cemento.....	61
Tabla 5 Dimensión de los tamices ASTM – Estudio granulométrico.....	67
Tabla 6 Niveles de asentamiento de acuerdo al tipo de edificación	73
Tabla 7. Parámetros para calcular la resistencia de diseño	73
Tabla 8 Volumen especificado por medio del ACI.....	74
Tabla 9 Relación A/C por el ACI.....	75
Tabla 10 Relación agua – concreto establecida por medio del ACI.....	76
Tabla 11 Determinación de proporciones brindadas por el ACI	77
Tabla 12 Peso del agregado en relación al volumen de concreto	77
Tabla 13 Cantidad de ensayos de Resist. a la Compres. al concreto $F'C= 210 \text{ kg/cm}^2$	81
Tabla 14 Cantidad de ensayos de Resist. a la Flex. del concreto $F'C= 210 \text{ kg/cm}^2$	81
Tabla 15 Cuantificación de materiales por diseño	82
Tabla 16 Agregado fino – granulometría.....	86
Tabla 17 Agregado grueso - granulometría	88
Tabla 18 Agregado grueso de cemento endurecido – granulometría.....	89
Tabla 19 Humedad de los agregados	91
Tabla 20 Peso específico y absorción del cemento endurecido, agregado fino y agregado grueso	95
Tabla 21 Peso unitario de los agregados	99
Tabla 22 Datos de los agregados.....	101
Tabla 23 Diseños de mezcla para diferentes porcentajes.....	102

Tabla 24	Trabajabilidad del patrón	105
Tabla 25	Trabajabilidad del 5%	105
Tabla 26	Trabajabilidad del 15%	106
Tabla 27	Trabajabilidad del 25%	107
Tabla 28	Densidad de mezcla de concreto	109
Tabla 29	Factores – Cálculo del $f'c$	115
Tabla 30	Resistencia a la compresión a los 28 días	120
Tabla 31	Tabla de Resistencia a la flexión 28 días	122
Tabla 32	Trabajabilidad en el tiempo del concreto	126
Tabla 33	Variación del patrón con respecto a las adiciones	127
Tabla 34	Densidad de mezcla de los diseños de mezcla con diferentes incorporaciones.....	130
Tabla 35	Resistencia a la Compresión a los 7 días	131
Tabla 36	Resistencia a la Compresión a los 14 días	132
Tabla 37	Resistencia a la Compresión a los 28 días	133
Tabla 38	Resistencia a la flexión 7 días	135
Tabla 39	Resistencia a la flexión 14 días	136
Tabla 40	Resistencia a la flexión 28 días	137
Tabla 41	Matriz de Consistencia.....	185

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Composición del concreto	32
Figura 2 Influencia de la temperatura en el concreto durante su colocación en obra	36
Figura 5 Prueba de trabajabilidad	37
Figura 4 Relación entre esfuerzo y deformación unitaria	43
Figura 5 Vínculo entre las condiciones de curado y la Resistencia a la Compresión.....	45
Figura 6 <i>Vínculo entre el tamaño de agregado, tipo de material y periodo de curado en la $F'c$</i>	45
Figura 7 Interrelación de factores que infieren en la resistencia del concreto.....	47
Figura 8 Diagrama de capacidad de resistencia a la flexión de un componente estructural...	49
Figura 9 Modificación de las proporciones empleadas en las combinaciones de concreto....	54
Figura 10 Factor de reducción de tamaño.....	56
Figura 11 <i>Comparativa de módulos granulométricos entre agregado naturales y reciclados</i>	57
Figura 12 Huso granulométrico de los agregados reciclados	57
Figura 13 Perfiles transversales del concreto endurecido.....	59
Figura 14 Etapas del cemento portland.....	63
Figura 15 Proceso de endurecimiento.....	65
Figura 16 Recolección de cemento endurecido	83
Figura 17 Cemento endurecido.....	83
Figura 18 Cemento endurecido.....	84
Figura 23 <i>Curva granulometría del agregado fino</i>	86
Figura 20 Granulometría del agregado fino.....	87
Figura 21 <i>Curva granulometría del agregado grueso</i>	88
Figura 22 Granulometría del agregado grueso	89

Figura 23 Curva granulometría del agregado grueso de cemento endurecido	90
Figura 24 Granulometría del cemento endurecido	90
Figura 25 <i>Porcentaje de contenido de humedad de los agregados</i>	91
Figura 26 Peso específico y absorción del agregado fino.....	93
Figura 27 Peso específico y absorción del cemento endurecido	94
Figura 28 Peso específico y absorción del agregado grueso	95
Figura 29 <i>Peso específico de los agregados</i>	96
Figura 30 Absorción de los agregados.....	96
Figura 31 Peso unitario del agregado fino	98
Figura 32 Peso unitario del agregado de cemento endurecido	98
Figura 33 Ensayo del material fino.....	100
Figura 34 Volumen de materiales	102
Figura 35 <i>Diseño de mezcla</i>	103
Figura 36 <i>Asentamiento del concreto patrón</i>	104
Figura 37 <i>Asentamiento del concreto con agregado grueso de cemento endurecido al 25%</i>	104
Figura 38 Gráfico de trabajabilidad del patrón.....	105
Figura 39 Gráfico de trabajabilidad del 5%.....	106
Figura 40 Gráfico de trabajabilidad del 15%.....	107
Figura 41 Gráfico de trabajabilidad del 25%.....	108
Figura 42 <i>Agregados para el diseño de mezcla</i>	110
Figura 43 <i>Elaboración del diseño de mezcla</i>	110
Figura 44 <i>Elaboración del diseño de mezcla</i>	111
Figura 45 Molde para viga de concreto	112
Figura 46 Molde para viga de 5% de cemento endurecido.....	112

Figura 47 Desmoldado de probetas	113
Figura 48 Curado de concreto.....	114
Figura 49 <i>Ensayo de resistencia a la compresión del 5% de agregado de cemento endurecido</i>	116
Figura 50 <i>Ensayo de resistencia a la compresión del 15% de agregado de cemento endurecido</i>	116
Figura 51 <i>Ensayo de resistencia a la compresión del 5% de agregado de cemento endurecido</i>	117
Figura 52 <i>Viga de concreto</i>	118
Figura 53 Resistencia a la flexión con adición del 15%.....	118
Figura 54 Resistencia a la flexión con adición del 25%.....	119
Figura 55 Resistencia a la compresión de los 28 días.....	120
Figura 56 Resistencia a la compresión con adición del 25% a los 7 días.....	121
Figura 57 Resistencia a la compresión con adición del 25% a los 14 días.....	121
Figura 58 Resistencia a la compresión con adición del 25% a los 28 días.....	122
Figura 59 <i>Resistencia a la flexión a los 28 días</i>	123
Figura 60 Resistencia a la flexión con adición del 15% a los 7 días	123
Figura 61 Resistencia a la flexión con adición del 15% a los 14 días	124
Figura 62 Resistencia a la flexión con adición del 15% a los 28 días	124
Figura 63 Resistencia a la flexión.....	125
Figura 64 Gráfico de trabajabilidad D0	127
Figura 65 Gráfico de trabajabilidad del D1	128
Figura 66 <i>Gráfico de trabajabilidad del D2</i>	128
Figura 67 <i>Gráfico de trabajabilidad del D3</i>	129
Figura 68 <i>Densidad de la mezcla de concreto</i>	130

Figura 69 <i>Resistencia a la Compresión a los 7 días</i>	131
Figura 70 <i>Resistencia a la Compresión a los 14 días</i>	132
Figura 71 <i>Resistencia a la Compresión de los 28 días</i>	134
Figura 72 <i>Resistencia a la flexión a los 7 días</i>	135
Figura 73 <i>Resistencia a la flexión a los 14 días</i>	136
Figura 74 <i>Resistencia a la flexión a los 28 días</i>	137

RESUMEN

La presente investigación estableció como **objetivo** evaluar al cemento endurecido como agregado grueso influyendo sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'_c=210$ kg/cm². El **método** empleado abordó ser de tipo aplicada, nivel explicativo, diseño experimental. La población se constituyó por la producción de concreto, y la muestra abarcó a 36 testigos en relación al ensayo a compresión, además de 24 para el de flexión. El diseño consistió en sustituir parcialmente el agregado grueso por cemento endurecido en dosificaciones de 0, 5, 15 y 25% en peso tal como se muestra en la tabla 15 del proyecto. Los **principales resultados** se demuestran en el estudio de propiedades físicas como la trabajabilidad y densidad en donde en la trabajabilidad se obtuvo un mejor resultado con la dosificación D1 presentando la menor disminución en 16.67%, en el caso de la densidad el mejor resultado se obtuvo con la D3 con la disminución en un 3.48%, para las propiedades mecánicas se evaluaron la resistencia a compresión y flexión, donde la resistencia a la compresión, experimenta un valor con la dosificación D3 (25% de cemento endurecido) de incremento de resistencia de 8.56%, y por otro lado, la resistencia a la flexión alcanzó con la dosificación D3 (25% de cemento endurecido) un incremento de resistencia de 8.50%. **Finalmente**, se recomienda para el diseño de concreto $f'_c=210$ kg/cm² la dosificación D3 de cemento endurecido como agregado grueso dado que experimenta valores consistentes y de mejora significativa en propiedades físicas y mecánicas.

Palabras clave: cemento endurecido, agregados, propiedades físicas del concreto, propiedades mecánicas del concreto.

ABSTRACT

The **objective** of this research was to evaluate hardened cement as a coarse aggregate, influencing the physical and mechanical properties of concrete $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$. The **method** used was applied, explanatory level, experimental design. The population was constituted by the production of concrete, and the sample included 36 witnesses for the compression test, in addition to 24 for the flexure test. The design consisted of partially replacing the coarse aggregate with hardened cement in dosages of 0, 5, 15 and 25% by weight as shown in table 15 of the project. The **main results** are demonstrated in the study of physical properties such as workability and density where in workability a better result was obtained with the D1 dosage, presenting the smallest decrease in 16.67%, in the case of density the best result was obtained with the D3 with the decrease by 3.48%, for the mechanical properties the resistance to compression and flexion was evaluated, where the resistance to compression, experiences a value with the dosage D3 (25% of hardened cement) of increase in resistance of 8.56 %, and on the other hand, the flexural resistance reached an increase in resistance of 8.50% with dosage D3 (25% hardened cement). **Finally**, the D3 dosage of hardened cement as coarse aggregate is recommended for the concrete design $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ given that it experiences consistent values and significant improvement in physical and mechanical properties.

Keywords: hardened cement, aggregates, physical properties of concrete, mechanical properties of concrete.

I. INTRODUCCIÓN

Globalmente, la construcción de edificios e infraestructuras viales es considerada como un importante indicador del desarrollo económico de un país. Esto se debe a las amplias oportunidades de empleo que genera para la población, esto, a su vez, ayuda a elevar su nivel de bienestar. Por tanto, puede afirmarse que este factor tiene un impacto directo en el progreso de la nación (Yifei et al, 2022).

Además, se está buscando constantemente innovaciones para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto. Se reconoce que el concreto es un material con una alta resistencia, lo que lo hace ideal para la construcción de edificaciones duraderas a lo largo del tiempo. El avance continuo ha permitido la incorporación de nuevos materiales en el ámbito de la construcción, con el propósito de mejorar aún más las características del concreto (Qudeer, et al, 2020).

En donde se plantea usar como material de sustitución el cemento endurecido como agregado grueso para determinar las particularidades físicas y mecánicas de un concreto F'C 210 kg/cm² en donde se realizarán los ensayos de caracterización del agregado (granulometría, contenido de humedad, porcentaje de absorción, peso específico y peso unitario), diseño de mezcla, seguido de los ensayos físicos (trabajabilidad y densidad) y propiedades mecánicas (resistencia a la compresión y flexión) para establecer qué porcentaje (0%, 5%, 15%, 25%) favorece la mejora de las propiedades del concreto.

Por lo cual se plantea una investigación que presenta:

Introducción; el cual contiene descripción del problema, formulación del problema, antecedentes, objetivos, justificación e hipótesis.

Marco teórico; presenta las bases teóricas que fundamenta la investigación.

Métodos; contiene la metodología de investigación, la población, muestra, instrumentos, procedimiento, análisis de datos y consideraciones éticas.

Seguido de resultados, discusión de resultados, conclusiones, recomendaciones, referencias y anexos.

1.1.Descripción y formulación del problema

Desde una perspectiva mundial, con el aumento demográfico y parte de las empresas pertenecientes al ámbito de edificación, se deben enfrentar dos cuestiones significativas, una sobre la aglomeración de residuos de construcción, además del aprovechamiento excesivo del recurso no renovable (Moulya y Chandrashekhar, 2022).

Gracias a los avances científicos, se ha logrado introducir nuevos materiales en el mercado con el propósito de emplearlos en el ámbito laboral, como el concreto endurecido obtenido a partir de los desechos de construcción de los edificios, esto posibilita disminuir la utilización de cemento y puede funcionar como un componente grueso adicional (Chen et al., 2021).

Un ejemplo evidente de la aplicación de este material se dio posteriormente al terremoto de Elazig-Sivrice en Turquía, donde se empleó árido de concreto elaborado completamente a partir de reciclaje en las mezclas de concreto preparadas, este enfoque se implementó al reconstruir edificaciones que resultaron ser demolidas a causa del sismo (Ulucan y EsatAlyamac, 2022).

Dentro del Perú, se registra cierta elevada demanda de viviendas, en conformidad a los datos del censo de 2017, que señala por población igual a 29,381,884 personas. Esta situación ha ocasionado un aumento desproporcionado al construir nuevas edificaciones.

En consideración al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento difundió un comunicado, por medio del cual evaluó un innovador Código Técnico de Construcción sostenible. El objetivo en el país abordó restablecer y preservar la armonía entre lo natural y las estructuras construidas, mediante la utilización de materiales reciclables de construcción, como cemento endurecido, concreto en elementos estructurales, ladrillos, entre otros, a razón

de alcanzar el descenso de las emisiones de CO₂ (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021).

En consecuencia, logra ser imperativo gestionar de manera efectiva los residuos sólidos en la construcción, sometiéndose a un tratamiento que permita su reutilización y su aprovechamiento en la creación de productos como el adoquín reciclable, concreto reciclable, y demás que guarden relación a ello (MVCS, 2016).

Los hallazgos de diversos estudios indican que el concreto reciclado y el cemento endurecido, empleados como uno de los agregados (grueso), han evidenciado la capacidad de ser utilizados en nuevas mezclas de concreto sin inconvenientes. Esto ha contribuido a mejorar la resistencia al diseñar las mezclas a la compresión propuesta, especialmente con el transcurrir del curado en un período equivalente a 28 días (Elias et al., 2020).

En relación con las ventajas medioambientales de las cuales puede ofrecer la utilización del reemplazo de agregado grueso por cemento endurecido, se evitarían gastos prescindibles dentro de la obra, posibilitando la construcción de edificaciones más sustentables y amigables con el entorno general (Miranda et al., 2018).

Esta perspectiva se alinea con la lucha frente al cambio climático, puesto a que diversos países están adoptando la economía verde, que implica la reutilización de materiales de construcción para un uso más eficiente, en el futuro, esto podría representar hasta el 60% del mercado de construcción e inmobiliario, marcando un cambio significativo en dirección a prácticas de mayor sostenibilidad y amigables con el entorno general (Miranda et al., 2018).

Es relevante destacar que el punto económico del sector constructivo dentro del Perú está experimentando un crecimiento, ya que el consumo de cemento aumentó un 14.960% durante el 2021, de acuerdo a los datos proporcionados por el INEI, este aumento sobre la demanda de cemento subraya la importancia de considerar el medio reutilizable de dicho componente al estar duro, utilizando como uno de los agregados (grueso) al diseñar nuevos

concretos (Miranda et al., 2018). Adicionalmente, es destacable que la producción de cemento en Perú experimentó un incremento del 7% en el período correspondiente al mes de mayo de 2022, elevándose de 1,010 TM (miles de toneladas) a 1,079 TM, este aumento en la producción subraya la continua vitalidad del sector cementero en el país (Gestión, 2022).

El pronóstico de para los siguientes años es un aumento del 8.9% en los precios de materiales de construcción, incluido el cemento, este incremento se atribuye a una crisis de confianza con el gobierno político, esta situación podría tener impactos significativos en los costos de construcción y plantea desafíos adicionales para el sector (CAPECO, 2022)

En consecuencia, respecto al objetivo del estudio se estableció examinar en el concreto sus propiedades mecánicas y físicas con resistencia especificada $F'c$ 210 kg/cm², utilizando como AGREGADO GRUESO al cemento endurecido. Abordando la finalidad de generar una contribución a la construcción de edificaciones sostenibles y, al mismo tiempo, prevenir sobrecostos en proyectos.

1.1.1. Problema general

¿De qué manera el cemento endurecido como agregado grueso influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida el cemento endurecido como agregado grueso influye en la trabajabilidad?
- ¿De qué modo el cemento endurecido como agregado grueso influye en la densidad?
- ¿En qué sentido el cemento endurecido como agregado grueso influye en la resistencia a la compresión?
- ¿De qué manera el cemento endurecido como agregado grueso influye en la resistencia a la flexión?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes internacionales

Ulucan y EsatAlyamac (2022), establecieron por medio de la investigación el propósito de conocer las características mecánicas, económicas y ambientales del concreto con agregados que provenían del reciclaje, originados por medio de agregados de concreto reutilizados de edificaciones demolidas controladamente, posterior al terremoto de Elazig-Sivrice del 24 de enero del 2020. En vista de esto, produjeron 24 testigos de concreto que contenían compuestos reciclados por medio de la interacción de agua/cemento de 0.300, 0.350, 0.400, 0.450, 0.500, en la misma línea, ejecutaron diseños de $f'c$ equivalentes a 370 y 420 kg/cm^2 , alcanzando resultados óptimos sobre la resistencia requerida dentro de los 28 días, logrando ser empleados para construcciones de edificación en Turquía, de igual forma, emplearon por instrumentos fichas técnicas. Lograron concluir que los agregados reciclados de concreto permitieron el incremento de la resistividad, contribuyendo de igual forma a cuidar el entorno general y la naturaleza.

Castillo (2019) por medio de su tesis planteó el propósito de conocer el punto de prefactibilidad basándose en la utilización de áridos gruesos reutilizados del concreto sostenible obtenido por medio del concreto firme de Barranquilla. Estudió el mercado actual, posterior a ello verificó la viabilidad técnica, además del estudio económico, contemplando por población a las muestras de concreto, de las cuales fueron 24 testigos correspondientes al muestreo, por instrumentos empleó la ficha de recolección de acuerdo a las exigencias de normas como el NTC 673, NTC 1028 y NTC 396. Alcanzó por resultados que los agregados de concretos reciclados tuvieron por densidad nominal $2.400 \text{ g}/\text{cm}^3$, 3.970% para la humedad y 3.550% para la absorción. Por medio de la prueba a compresión al incluir 50% de agregados reciclados alcanzó un 97% de resistividad. Para la proporción del diseño equivalente a 30 MPa logró ser 456 kg.m^3 para cemento, 203 lt para el agua, 794 kg.m^3 respecto al agregado fino y

grueso natural 821 kg.m^3 . Logró concluir que la investigación fue viable y respecto al costo de emplear concreto con agregados reciclados fue más rentable al compararse con el diseño normal.

Mota y Batista (2018) por medio de su investigación establecieron por finalidad emplear concretos reciclados aplicados en dosificaciones en base a la metodología ABCP. Emplearon incorporaciones del residuo de construcciones en 20% y 40% al diseñar mezclas equivalentes a 40, 30 y 25 MPa dentro de los 28 días. Alcanzó grados de finura para los agregados reciclados de 6.710, 5% para la humedad, 2.720 kg/cm^3 para el P.E. y 4.50% para la absorción. Al contemplar la última equivalencia de diseño para un metro cúbico, 333 kg para el concreto, 0.22 para la arena fina, 0.60 m^3 para la piedra, 200 litros de agua y 0.60 para relación de agua/cemento, para la segunda equivalencia de diseño en metros cúbicos, concreto en 385 kg, 0.21 de arena fina, 0.60 m^3 de piedra, 200 L de agua y por relación de a/c equivalente a 0.52, además, correspondiente al primer diseño se contempla concreto en 476 kg, 0.19 de arena fina, 0.60 m^3 de piedra, 200 L de agua y por relación de a/c igual a 0.42. Lograron concluir que los valores porcentuales equivalentes a 20% y 40% de agregados reciclados de concreto no alcanzaron el soporte a la compresión requerido, recomendando el empleo menor a la equivalencia de 20%.

Pérez et al. (2018) por medio de su tesis establecieron por finalidad delimitar las características de los concretos reciclados al ser uno de los agregados (grueso), en base a la metodología que contempla el enfoque cuantitativo. Consideraron por población a las muestras de concreto para laboratorio, con una muestra de 30 probetas cilíndricas con agregados reciclados, emplearon instrumentos que estuvieron bajo las exigencias de la ASTM D2419- 14, ASTM D4791- 10, ASTM C127-12, ASTM D854-10, ASTM C136-06, ASTM C702-11 y ASTM C131-14. Lograron por resultados de los agregados reciclados un valor equivalente a 2.620 kg.m^3 del P.E. y 9.5% para la absorción. Concluyeron que el empleo de agregados

reciclados no mejora la resistencia (16.89 KPa) al compararse con el valor inicial sin dicho componente (18.64 KPa).

1.2.2. Antecedentes nacionales

Calsina (2021) por medio de su tesis denominada, estableció por finalidad incorporar concretos reciclados equivalentes a 0%, 25%, 50%, 75% y 100%, en base a la metodología de tipo aplicada con diseño experimental. Alcanzó por resultados para la absorción sin incluir el componente 1.92%, al incluir 25% alcanzó 2.540%, al incluir 50% alcanzó 3.090%, al incluir 75% alcanzó 3.650% y al incluir 100% alcanzó 4.270%. Respecto al peso específico alcanzó sin incluir ello 2.540, al incluir 25% alcanzó 2.510, al incluir 50% alcanzó 2.460, al incluir 75% alcanzó 2.430 y al incluir 100% alcanzó 2.390. Correspondiente a la resistencia a la compresión sin incluir ello alcanzó 217.980 kg/cm², al incluir 25% alcanzó 210.650 kg/cm², al incluir 50% alcanzó 203.760 kg/cm², al incluir 75% alcanzó 196.220 kg/cm², al incluir 100% alcanzó 181.910 kg/cm². Contempló al diseñar las mezclas un valor de 210 kg/cm² (cemento igual a 351 kg.m³, 1037 kg.m³ respecto al agregado fino (AF) asimismo para el componente grueso (AG), además de agua en 193 kg.m³). Logró concluir que el punto más alto de resistencia fue logrado sin incluir dicho componente, de igual forma, el porcentaje de absorción tiende a incrementar con la inclusión de ello mismo.

Caycho y García (2021) por medio de su tesis denominada, estableció por finalidad descubrir de qué manera incide la aplicación de agregados reciclados sobre las cualidades mecánicas del concreto 280 kg/cm², empleando por metodología de tipo aplicada y diseño experimental, además, abordó por población constituida por las muestras de concreto estándar y las que contenían agregados reciclados en 5%, 15% y 25%, así como la muestra compuesta en base a 36 probetas con respecto al ensayo de resistencia de compresión y 36 probetas en lo que respecta al ensayo de flexión, abarcando un muestreo igual a 72 probetas, utilizando instrumentos como fichas técnicas y revisión documentaria. Los resultados indicaron que el

concreto que contenía 5% de agregados reutilizados alcanzó una resistencia de compresión igual a 370.90 kg/cm^2 , mientras que el concreto estándar alcanzó 363.60 kg/cm^2 , respecto al ensayo de flexión, el resultado mostró al incluir 25% de agregados reciclados obtuvo resistencias equivalentes a 48 kg/cm^2 , siendo superior al diseño patrón de 38.70 kg/cm^2 . La proporción para la mezcla de 280 kg/cm^2 logró ser de 1:2.060:2.570 en volumen para cemento, agregado fino y grueso correspondientemente. Donde por conclusión, determinó que el empleo de áridos reutilizados impacta positivamente sobre el concreto en sus propiedades mecánicas.

Muñoz y Ñaupá (2021) por medio su la tesis, se propusieron examinar la utilización de concretos reciclados por demolición como agregados naturales sobre la producción de unidades de concreto para albañilería, a través de la metodología de carácter aplicado, diseño experimental y enfoque cuantitativo, por otro lado, la población considerada fueron los especímenes de concreto para laboratorio, donde la muestra y el muestreo constató de 45 probetas, a su vez, los instrumentos utilizados abordaron ser formularios para cada ensayo. Los hallazgos indicaron que la resistencia de compresión para las unidades de albañilería f'_b que contenían 25% de concretos reciclados presentó por resistencia un 22% menor en comparación con el concreto estándar, correspondiente a la resistencia de compresión axial que contenía 25% de concretos reciclados, alcanzó un 21.620% inferior que la del concreto estándar, además, se observó que el presupuesto para el ladrillo con concretos reciclados fue un 18.310% inferior a la de los agregados naturales. Las proporciones para la mezcla de 140 kg/cm^2 en peso logró ser para el cemento 10.920 kg, agua en 6.740 litros y agregado natural en 57.140 kg. En conclusión, se determinó que los agregados reciclados pueden considerarse como un nuevo componente sobre la realización de ladrillos de concreto para albañilería.

Uturunco y Quenta (2021) por medio de su tesis, establecieron por finalidad descubrir los procesos para producir áridos reciclados, además de la influencia de los mismos, contemplando por metodología de enfoque aplicado, diseño experimental y nivel explicativo,

de igual forma, se tomó en cuenta por población a la totalidad de especímenes de concreto, en base a la muestra compuesta por 40 especímenes para la resistencia de compresión, misma cantidad para la tracción y una totalidad de 80 probetas de concreto para el muestreo, respecto a los instrumentos utilizados incluyeron a la ficha de recopilación de datos, máquinas e implementos, además de la norma en referencia. Los resultados indicaron que la inclusión de agregados gruesos reciclados en un 25%, 50% y 100%, se redujo la pérdida de Peso específico del árido natural dentro de los 11.680%, 18.290% y 22.440%, respectivamente. También disminuyó la cantidad de agua dentro de los 1.030%, 2.320% y 3.520%. Respecto a sus propiedades frescas, se observó que el Peso Unitario. disminuyó dentro de los 1.070%, 1.910% y 6.840% para cada nivel de adición, y el asentamiento disminuyó dentro de los 2.280%, 5.060% y 18.990%, en términos de exudación, disminuyó dentro de los 7.680%, 29.710% y 34.440% en referencia a los niveles de adición. Las proporciones para el diseño de 210 kg/cm^2 en peso abarcó ser para el cemento 42.50 kg, árido fino en 74.690 kg, árido grueso en 96.350 kg de y agua en 26.870 litros de. En conclusión, se determinó que emplear áridos reutilizados genera un impacto significativo sobre el concreto en sus propiedades al estar endurecido y fresco.

Galvan (2020) por medio su la tesis, estableció el propósito de conocer el comportamiento al utilizar concreto reutilizado para la fabricación de viviendas en Huancayo, bajo la metodología de diseño experimental, abarcando una población y muestra 1026 especímenes de concreto sobre las propiedades mecánicas y 378 pruebas de ensayos sobre las propiedades físicas, todas ellas incluían 25%, 50%, 100% de concretos reutilizados. Por medio de ello consiguió cierto rendimiento de trabajabilidad para el diseño de 210 kg/cm^2 que incluía 0% alcanzando 2.50", al incluir 25% alcanzó 2 3/4", al incluir 50% alcanzó 3" y al incluir 100% alcanzó 2.50", posterior a ello, logró por resultados una trabajabilidad para el diseño de 280 kg/cm^2 que incluía 0% alcanzó 3", al incluir 25% alcanzó 3.250", al incluir 50% alcanzó

5” y al incluir 100% alcanzó 2”, logró para el P.U. del diseño de 210 kg/cm² que incluía 0% alcanzó 2404.670 kg/cm³, al incluir 25% alcanzó 2363.240 kg/cm³, al incluir 50% alcanzó 2350.180 kg/cm³ y al incluir 100% alcanzó 2280.2600 kg/cm³, y sobre el P.U. para el diseño de 280 kg/cm² que incluía 0% alcanzó 2374.790 kg/cm³, al incluir 25% alcanzó 2370.110 kg/cm³, al incluir 50% alcanzó 2327.930 kg/cm³ y al incluir 100% alcanzó 2303.920 kg/cm³. Respecto a la R.C. dentro de los 28 días sobre el diseño con equivalencia a 210 kg/cm² que incluía 0% alcanzó 282.210 kg/cm², al incluir 25% consiguió 217.270 kg/cm², al incluir 50% consiguió 212.500 kg/cm² y al incluir 100% consiguió 201.830 kg/cm² y sobre el desarrollo de f’c 280 kg/cm² que incluía 0% alcanzó 308.930 kg/cm², al incluir 25% consiguió 293.270 kg/cm², al incluir 50% consiguió 251.850 kg/cm² y al incluir 100% alcanzó 304.590 kg/cm². En conformidad a la tolerancia a la flexión sobre el diseño con equivalencia a 210 kg/cm² que incluía 0% alcanzó 4.760 MPa, al incluir 25% alcanzó 3.150 MPa, al incluir 50% alcanzó 3.620 MPa y al incluir 100% alcanzó 2.890 MPa y sobre el planteamiento de 280 kg/cm² que incluía 100% alcanzó 4.280 MPa superando al diseño patrón con un valor de resistencia de 4.240 MPa. La proporción en lo que respecta al diseño 210 kg/cm² logró ser en cemento 6.24 bls, 0.190 m³ de agua, 0.350 m³ de arena y piedra en 0.380 m³, además las proporciones para el diseño de 280 kg/cm² logró ser en cemento 7.65 bls, agua en 0.210, arena en 0.330 y piedra en 0.350. Llegó a la conclusión que la inclusión de concreto reutilizado no logra ser significativo sobre las cualidades mecánicas y físicas del concreto, de igual forma no tiende a ser viable por su elevado costo al ser producido.

Tiburcio y Torres (2020) por medio de su investigación, establecieron la finalidad de conocer el dominio de los sobrantes de concreto reutilizado sobre la conducta mecánica del concreto para bermas en Comas, contemplando la metodología de tipo aplicada con diseño experimental, contemplando por población a 27 especímenes de concreto, siendo la muestra y el muestreo 27 especímenes de concreto, los mecanismos utilizados abarcaron ser las hojas de

cálculo, fichas de visualización y encuestas. Por medio de ellos consiguieron por resultados que incluir 20% de concretos reutilizados alcanzó un aguante equivalente a 204.40 y 238.80 kg/cm², y al efectuar la inclusión equivalente a 50% alcanzó un aguante de 177.80 y 195.30 kg/cm². Las proporciones sobre el diseño igual a 175 kg/cm², siendo la relación en dimensión de cemento en 1 bolsa, agregado fino en 2.410 m³, agregado grueso en 2.590 m³ y agua en 29.400 litros. Lograron concluir que a grandes porcentajes de integración de aguante del concreto con agregados reciclados bajan siendo inferiores a del concreto estándar.

Vega (2019) por medio su la tesis, establecieron la finalidad de conocer en el concreto sus cualidades mecánicas al ser adherido concretos reutilizados, por medio de la metodología de tipo deductivo con enfoque cuantitativo. Contempló por población a la totalidad de especímenes de concreto para laboratorio, siendo la muestra de 21 especímenes cilíndricos con agregados gruesos reciclados, por instrumentos emplearon la norma NTP 339.034 y NTP 400.12. Alcanzando por resultados que al cambiar el 100% por áridos gruesos en base a los concretos reutilizados al diseñar las mezclas propuestas se reflejó el incremento en un 22% abarcando al diseño equivalente a 210 kg/cm², el aumento del 7% respecto al diseño equivalente a 280 kg/cm² y una crecida correspondiente al 5% al diseñar la de 350 kg/cm². Sobre las proporciones para el diseño 210 kg/cm² incluyó 1:2.380:1.930, respecto al del valor de 280 kg/cm² incluyó 1:1.850:1.610 y respecto al del valor de 350 kg/cm² incluyó 1:1.370:1.320. De igual forma, alcanzó una disminución del peso específico del diseño de 210 kg/cm² en 130 kg/m³, una disminución del diseño de 280 kg/cm² en 86 kg/m³ y una disminución en el diseño de 350 kg/cm² en 66 kg/m³. Llegó a la conclusión que los agregados reutilizados cuentan un inferior peso específico y logran superar su resistencia a la de las muestras estándares.

Machaca (2019) por medio su la tesis, estableció por objetivo el estudio del concreto reutilizado el cual es generado por las demoliciones y fabricación de viviendas, basándose en

la metodología de tipo aplicada con diseño experimental, contemplando por población a los concretos generalmente, a su vez contempló a los 45 especímenes para la muestra y el muestreo, por instrumentos empleó la ficha técnica de cada ensayo ejercido dentro del estudio. Alcanzando por resultados que en la granulometría de los áridos gruesos reutilizados alcanzaron el patrón de fineza igual a 6.370, contemplando por % de humedad igual a 7.280%, además del % de absorción igual a 6.640% y respecto al peso específico igual a 2.760 gr/cm³. Abarcando al aguanete de la compresión conseguida por medio del empleo del árido reutilizado contemplando porcentajes menores a los 5% y 10%, alcanzando puntos equivalentes a 188.540 y 175 kg/cm², no obstante, el valor estándar llegó hacia los 176.880 kg/cm². Las proporciones respecto al diseño equivalente a 175 kg/cm² incluía para el metro cúbico 325 kg/m³ de concreto, agua en 199 lt/m³, agregado grueso en 998 kg/ y m³ agregado fino en 620 kg/m³. Logrando concluir que la inclusión equivalente a 5% de árido reutilizado es beneficioso debido a que cuenta con un idóneo aguanete que el concreto estándar.

Caycho y Espinoza (2019) por medio su la tesis, establecieron la finalidad de emplear cemento portland Tipo HS y encontrar diseño con árido grueso reutilizado a razón de incrementar la características del concreto para cimentación, bajo la metodología de tipo explicativa, con diseño de investigación de tipo longitudinal prospectiva y abarcando el enfoque cuantitativo, de igual forma contempló por población a las cimentaciones de concreto, abarcando por muestra y muestreo a los 240 especímenes cilíndricos de árido grueso reutilizado por medio de 0%, 25%, 50%, 75% y 100%, emplearon por instrumentos a la norma NTP 339.034 y NTP 400.12. Alcanzando por resultados que el concreto utilizado de forma reciente logra ser encontrado sobre los parámetros permitidos por la normativa respecto al asentamiento igual a 4", peso por unidad que oscila desde los 1842 kg/m³ y 2483 kg/m³ y conteniendo entre 1% y 3% de aire. Por medio de la granulometría del AG reciclado consiguió un módulo de fineza equivalente a 6.380, el P.U. libre tuvo por equivalencia a 841 kg/m³, el peso por unidad

comprimido igual a 931 kg/m^3 , el % de humedad logró ser 4.170%, la absorción logró ser 3.270% y el peso específico logró ser 2.580 g/cm^3 . Al contemplar el diseño de 280 kg/cm^2 para un metro cúbico se contempló 434 kg de concreto, árido fino en 805 kg, agregado grueso en 707 kg y agua en 233 lt. Respecto al ensayo de aguante a compresión consiguió el incremento de resistencia en 1% incluir 25% de árido reutilizado, al incluir 50% de árido reutilizado consiguió un decrecimiento del 5% y al incluir 75% de árido reutilizado logró ser reducida la resistencia en 10%. Respecto al ensayo de aguante a la flexión se observó resistencias máximas de 56.4 kg/cm^2 , al sustituir el 25% de agregado reciclado siendo una resistencia alta y dentro de resistencias promedio. Logrando concluir que el diseño que incluía concreto reutilizado a través del procedimiento de volumen de mortero con equivalencia, que consintió en contemplar proporciones con menor cantidad de agua, agregados finos naturales y cemento.

Salas (2019) por medio de su investigación, estableció por finalidad conocer la sostenibilidad por medio del empleo de áridos reutilizados residuales del concreto en proyectos civiles a fin de fabricar concreto, bajo la metodología de tipo descriptiva con enfoque cualitativo, contemplando por muestra a los 36 especímenes en su totalidad, las herramientas utilizadas lograron ser fichas técnicas. De igual forma, alcanzó por efecto que emplear 70% y 90% de árido de concretos reciclados fue el componente grueso, contemplando un coeficiente igual a 0.240, con densidad que oscila sobre los 2100 y 2400 kg/m^3 , de igual forma su absorción oscila sobre los 10 y 12% y la R.C. con inclusión de 15% de árido de concreto reutilizado logró disminuir en 9% al compararse con el valor estándar igual a 210 kg/cm^2 dentro de los 28 días, en otras palabras, el concreto estándar abarcó ser 240 kg/cm^2 y el concreto que contenía árido reciclado logró ser igual a 218 kg/cm^2 , así mismo respecto al concreto 175 kg/cm^2 alcanzó un definido patrón igual a 198 kg/cm^2 y al incluir 15% alcanzó 180 kg/cm^2 dentro de los 28 días. Logrando concluir que el empleo de concreto reutilizado tiende a influenciar significativamente sobre la resistencia, no obstante, tiende a elevarse el costo inicial.

Castro y Paredes (2018) por medio de su tesis, establecieron el propósito de diseñar un concreto de 210 kg/cm^2 bajo la inclusión de áridos de concretos reciclados en porcentajes equivalentes a 100%, 25%, 75% y 50%. Se aplicó la metodología de carácter aplicado, nivel explicativo y diseño experimental. La población considerada fueron las probetas de concreto para laboratorio, y la muestra comprendió 40 especímenes cilíndricos de agregado grueso reutilizado. Los instrumentos utilizados abarcó ser las normas NTP 339.034 y NTP 400.12. Los resultados indicaron que al sustituir el 25% del agregado grueso por la del concreto reutilizado, logró una resistencia equivalente a 268 kg/cm^2 dentro de los 28 días. En la misma línea, al reemplazar alrededor del 50% del agregado grueso por el del concreto reciclado, alcanzó una resistencia equivalente a 251 kg/cm^2 . Al emplear 75% de árido reciclado, la resistencia fue igual a 237 kg/cm^2 , y finalizando con ello, al cambiar el agregado grueso en base al 100% de agregado grueso reutilizado, abordó por resistencia equivalente a 206 kg/cm^2 . Llevaron a cabo un diseño para un concreto equivalente a 210 kg/cm^2 con 291.980 kg de cemento, 792.630 kg de agregado fino, 1118.280 kg de agregado grueso y 166.100 litros de agua. De igual forma contempló el estudio de la granulometría alcanzando por módulo de finura de 2.890, y se obtuvo del árido reciclado un peso específico de 2210.820 y una absorción del 5.490%, según los análisis del laboratorio. En conclusión, se deduce que la inclusión de 25%, 75% y 50% de agregado grueso reutilizado para el concreto logró superar los 210 kg/cm^2 , siendo notoria la exclusión de la inclusión del 100% del mismo, ello resulta en una resistencia inferior a la del valor estándar.

1.3.Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

Evaluar en qué manera el cemento endurecido como agregado grueso influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

1.3.2. *Objetivo específico*

- Determinar en qué medida el cemento endurecido como agregado grueso influye en la trabajabilidad.
- Establecer de qué modo el cemento endurecido como agregado grueso influye en la densidad.
- Analizar en qué sentido el cemento endurecido como agregado grueso influye en la resistencia a la compresión.
- Identificar en qué manera el cemento endurecido como agregado grueso influye en la resistencia a la flexión.

1.4. Justificación

1.4.1. *Social.*

La contribución de este estudio radicó en su utilidad sobre los residentes de la Ciudad de Lima, al igual que en su aporte a la preservación del entorno medioambiental, ya que se emplearán áridos reutilizados procedentes de edificaciones demolidas.

1.4.2. *Teórico.*

Contribuirá con sabiduría a cierta disciplina de la ingeniería, donde se utilizará en correspondencia a cierta base teórica y científica el estudio del concreto estándar que incluya árido de cemento en su estado duro, explorando su trascendencia en el punto físico como mecánico.

1.4.3. *Metodológica.*

Debido a que siguió el enfoque científico a través de la interpretación y análisis de la hipótesis con el fin de llevar a cabo contrastes.

1.4.4. Práctica

Ofrecerá diferentes proporciones de cemento endurecido a razón de alcanzar mejoras sobre las características del concreto al estar fresco, en correspondencia a su trabajabilidad, como al estar endurecido, mejorando su resistencia a la flexión y compresión.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

El cemento endurecido como agregado grueso influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas del concreto

1.5.2. Hipótesis específicas

- El cemento endurecido como agregado grueso influye significativamente en la trabajabilidad.
- El cemento endurecido como agregado grueso influye significativamente en la densidad.
- El cemento endurecido como agregado grueso influye en la mejora de la resistencia a la compresión
- El cemento endurecido como agregado grueso influye en la mejora de la resistencia a la flexión

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas

2.1.1. *Concreto*

Definición

Es un componente adquirido a través del medio combinable de cemento Portland, agregado fino, grueso y agua, su ideal resistencia al agua se logra mediante una de sus reacciones químicas que se acontece dentro del proceso de mezcla con el agua. McCormac y Russell (2018) sugieren que, en ciertos casos, se refuerza esta mezcla utilizando aditivos que mejoran propiedades como ductilidad, durabilidad y tiempo de fraguado, estos aditivos pueden tomar diversas formas para potenciar las características deseadas del concreto¹.

Dicho proceso logra ser ejecutado por medio de dos fases, la primera fase abarca los primeros 7 días desde el vertido de la mezcla y se conoce como el "curado", durante este período crítico, es fundamental mantener la humedad de la mezcla para facilitar el punto hidratante del concreto, además de prevenir la aparición de alguna fisura; la segunda fase ocurre al momento que el concreto ha logrado su nivel máximo de estado duro y, dado ello, su resistencia, en este punto, ha completado uno de sus procesos trascendentales (fraguado) y ha adquirido las propiedades deseadas.

Componentes

De acuerdo con la exigencia sugerida por la ACI 116 (2006), indica que el concreto logra ser esencialmente un punto aglutinante sólido; la comprensión detallada de estas categorías y de sus interacciones es esencial a fin de garantizar la formulación y aplicación efectivas del concreto, cumpliendo así con las exigencias de calidad dentro del ámbito constructivo.; los componentes de los cuales lo constituyen tienden a ser mayormente cuatro categorías, las cuales son:

¹ (McCormac & Russell, 2018) pag 1

- **Cemento:** Es un polvo fino que, al generar una mezcla con el agua, inicia un proceso químico llamado hidratación. Dentro de este proceso, logran ser formados enlaces químicos de los cuales dan lugar a la masa sólida y resistente.
- **Agua:** Es esencial para activar el procedimiento de hidratación del cemento. La cantidad de dicho componente utilizada sobre la mezcla es crítica, ya que logra impactar directamente en el concreto sobre sus propiedades.
- **Agregados:** Los agregados, como la arena y la grava, proporcionan resistencia y estabilidad al concreto. También ayudan a reducir el costo y a disminuir la contracción y expansión del concreto.
- **Aditivos:** En algunos casos, se pueden agregar aditivos al concreto para mejorar ciertas propiedades. Estos aditivos pueden incluir plastificantes para mejorar la trabajabilidad, aceleradores o retardadores del fraguado, entre otros.

Figura 1

Composición del concreto



Nota. Elementos que mezclados constituyen la composición del concreto: líquido, material aglutinante, sustancia granulada de mayor y menor tamaño. De “Diseño y Control de Mezclas de Concreto”, por Kosmatka et al., 2004 (<https://bitly.cx/i0yff>).

Es de importancia mencionar que dicho componente es versátil, que se emplea en una gran extensión de oficios, desde cimientos y estructuras de edificios a pavimentos y puentes. Su popularidad se debe a su resistencia, durabilidad y capacidad para adaptarse a diferentes formas y usos. Además, el concreto puede personalizarse para cumplir con requisitos específicos de resistencia, durabilidad, apariencia y otros atributos, dependiendo de las necesidades del proyecto de construcción.

Cambios volumétricos del concreto

El concreto no mantiene su volumen constante a lo largo del tiempo debido a cambios físicos y químicos. Las variaciones químicas, en particular, son el resultado de reacciones internas o externas. Es por ello que este puede experimentar cambios, ya sea expandiéndose o contrayéndose, si el elemento de concreto tiene total libertad para cambiar su volumen.

A continuación, se presentan los principales cambios volumétricos que se dan en concreto endurecido (después del fraguado) y flujo plástico (en el fraguado) en la siguiente tabla.

Tabla 1

Cambios volumétricos del concreto

Etapa	Exposición	Causa	Manifestación
Antes del fraguado (concreto fresco) y durante el fraguado (concreto rigidización)	Al aire	Perdida de agua inicial	Contracción plástica
	Sumergido	Efecto químico y físico de hidratación inicial del cemento. Consumición del agua debido a la hidratación de cemento Continuación de pérdida de agua Generación del calor interno debido a hidratación de cemento	Expansión y contracción Contracción por secado Expansión térmica inicial y contracción posterior
Después del fraguado (concreto endurecido y ya endurecido)	Al aire	Variación externa de temperatura	Expansión al calentarse y contracción de enfriarse
	Sumergido	Acción del CO ₂ Consumición de agua por hidratación Absorción de agua por el gel de cemento	Contracción por carbonatación Contracción autógena

Nota. De “Colocación del Concreto Bajo Clima Caluroso”, por Nava y Rodríguez, 2001

(<https://bitly.cx/EmC5Y>).

Flujo plástico (Creep)

El flujo plástico, también conocido como fluencia o creep en inglés, es el fenómeno por el cual el concreto experimenta deformaciones lentas y progresivas bajo una carga constante a lo largo del tiempo. Este comportamiento es crucial en la ingeniería civil y la construcción porque afecta la estabilidad y la durabilidad de las estructuras de concreto a largo plazo. La fluencia puede causar una deflexión adicional en elementos estructurales como vigas y losas, lo que puede afectar su desempeño y apariencia. Aunque la fluencia no necesariamente reduce la resistencia a la compresión directa, puede afectar la distribución de tensiones y la capacidad de soportar cargas adicionales (Kolawole y otros, 2020). Adicionalmente esto se visualiza en cambios por incrementos de materiales o dosificaciones de cemento. El flujo creep tiene mayor influencia en concretos pre esforzados dado que la fluencia del concreto puede provocar gradualmente la reducción de tensión en los elementos de refuerzo, generalmente esto ocurre por el concreto se deforma lentamente bajo la carga constante, reduciendo la eficacia del pre esfuerzo aplicado inicialmente.

Dentro de las propiedades físicas elegidas para el trabajo se tiene la trabajabilidad y la densidad. Estos ensayos son necesarios para garantizar que el concreto tenga las propiedades adecuadas para ser usado en procesos constructivos, además que cumpla con las especificaciones del trabajo y asegure la durabilidad y seguridad de las estructuras construidas. Sin estos ensayos, se corre el riesgo de enfrentar problemas durante y después de la construcción, lo que puede llevar a reparaciones costosas y posibles fallas estructurales. La trabajabilidad permite tener una consistencia manejable, de colocación fácil y de posibilidad de compactar en el encofrado, evitando así la segregación o sangrado en el concreto. Por otro lado, la densidad permite poder tener un control de calidad más adecuado, evitando proporciones incorrectas de materiales, presencia de aire no deseado o falta de compactación adecuado, además utilizar concreto con menor densidad favorece tener una estructura más

ligera, en zonas sísmicas es ventajoso, donde una estructura puede experimentar menores fuerzas inerciales, lo que reduce las exigencias estructurales y el riesgo de daños.

2.1.2. *Propiedades físicas*

De acuerdo a lo que mencionan Orozco et al. (2018), las cualidades de medio físico del concreto se refieren a su habilidad del componente para lograr manipularse; cada uno de estos elementos contribuye de manera significativa a la conformación de un concreto que cumpla con las exigencias, facilitando su puesta en obra y garantizando un comportamiento que satisfaga con el transcurrir del tiempo, de esta manera, comprender a fondo las complejidades de las propiedades se torna esencial para lograr un óptimo desempeño en diversas aplicaciones, dentro de dichas características se incluyen:

Trabajabilidad bajo la norma ASTM C143

Es la capacidad de ser manejado y colocado fácilmente durante la construcción sin perder sus propiedades esenciales. La norma ASTM C143 establece los procedimientos para el conocimiento de la trabajabilidad del componente acaparando la prueba de asentamiento donde se emplea el cono.

Esta última en mención (ASTM C143 / C143M) es un método comúnmente utilizado para medir la consistencia o fluidez del concreto fresco. A continuación, te proporciono un resumen de los procedimientos según esta norma:

- **Preparación del cono de asentamiento:** Se utiliza un cono de forma específica, conocido como cono de Abrams, que tiene dimensiones estandarizadas. El cono se coloca sobre una superficie plana y limpia.
- **Llenado del cono:** El vertido del concreto se efectúa en tres estratos uniformes en el cono. Cada capa se compacta mediante golpes controlados con una varilla específica.
- **Remoción del cono:** Después de llenar y compactar, se retira cuidadosamente el cono verticalmente hacia arriba.

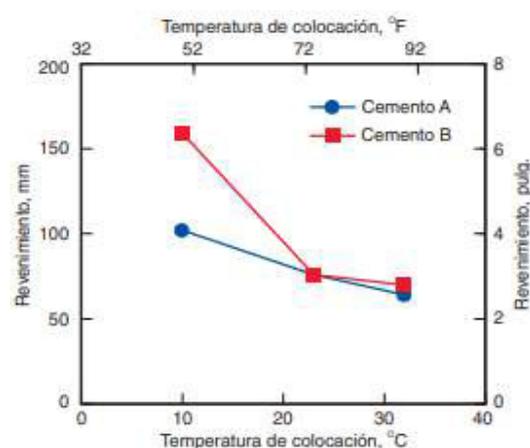
- Medición del asentamiento: La desigualdad en altura sobre la parte superior del cono original y la parte superior del concreto colocado logra acapararse en base a su medición y se expresa por medio del asentamiento del concreto. Dicho valor proporciona una indicación de la trabajabilidad del concreto fresco.

Es importante señalar que la trabajabilidad deseada del concreto puede variar según el tipo de construcción y la aplicación específica. Un concreto más fluido puede ser más apropiado para ciertas aplicaciones, mientras que otros proyectos pueden requerir un concreto más consistente.

Godoy y Gándara (2022) indican sobre dicha característica física, el cual abarca el nivel de esfuerzo que se requiere a fin de manejarlo en su estado fresco. Dichos indicadores de trabajabilidad se manifiestan al principio de la mezcla inicial hasta su colocado y vertido; la comprensión detallada de los indicadores y la implementación de estrategias a razón de mejorar la consistencia se presentan como elementos esenciales en la consecución de un componente óptimo.

Figura 2

Influencia de la temperatura en el concreto durante su colocación en obra



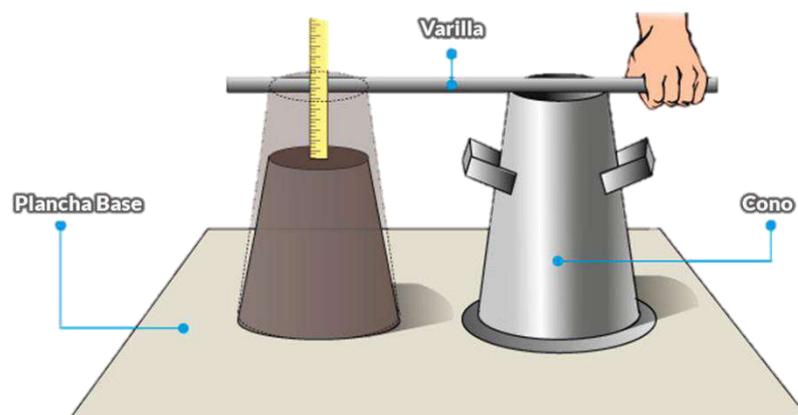
Nota. Disparidad en el asentamiento y la facilidad relativa de trabajo de dos concretos con distintos tipos de cemento. De “Diseño y Control de Mezclas de Concreto”, por Kosmatka et al. (2004) (<https://bitly.cx/i0yf>).

También, según Kosmatka et al. (2004), las particularidades vinculadas a la trabajabilidad abarcan la bombeabilidad, exudación, movilidad, consistencia, segregación y facilidad para el acabado². De igual forma, a razón de mejorar los puntos de trabajabilidad, es esencial abarcar una consistencia, al ser una mezcla más fluida logrará ser más fácil de manejar al ser comparada con una de mayor dureza.

A fin de conocer el grado de facilidad de trabajo de la mezcla, comúnmente se recurre al denominado "Slump", que implica dar forma a una parte fraccionada de la mezcla dentro del recipiente cónico y ser medida la elevación al ser retirado dicho molde. Según esta prueba, a medida que la altura de la masa es superior, se considera que es más manejable y viceversa a ello. Para poder ejecutar ello, se emplean herramientas como un cono, una varilla de metal y una placa base, esto mismo se exhibe por medio de la figura adjunta.

Figura 3

Prueba de trabajabilidad



Nota. De "Propiedades del concreto", por Aceros Arequipa (2021) (<https://bitly.cx/mwtQ>).

Para realizar ello se debe tomar la fracción muestral que representa al concreto a ensayar en estado fluido. En donde se colocan capas en el cono donde estas se compactan por medio de 25 golpes de la varilla, en la cual se distribuyen de manera uniforme. Para la capa final tendrá que ser apilado el concreto sobre su molde para lograr su compactación (MTC, 2016).

² (Kosmatka et al., 2004) pag 3

El concreto que contiene la base del cono tendrá que removerse a razón de impedir algún problema en el procedimiento de asentamiento. En donde el alzado del molde se hace dentro del tiempo equivalente a 2 y 5 segundos. En donde la operación del llenado completo se debe realizar máximo en 2 minutos y medio, asimismo el ensayo debe empezar cinco minutos después de tomar la muestra en estado fresco (MTC, 2016).

Para calcular el asentamiento se debe anotar los resultados a medio centímetro, asimismo cada 30 minutos por una hora observar cómo va disminuyendo el asentado y la temperatura que presenta (MTC, 2016).

Densidad

La densidad es uno de los puntos esenciales donde logra ser evidenciada la masa del concreto por unidad de volumen. Esta misma puede variar según la mezcla específica de ingredientes utilizados. A continuación, se proporcionan algunas generalidades:

- Densidad del Concreto Fresco: Esta misma puede variar dependiendo del contenido de agua utilizada sobre la mezcla. En términos generales, la densidad del concreto fresco suele situarse alrededor de $2,400 \text{ kg/m}^3$ a $2,500 \text{ kg/m}^3$.
- Densidad del Concreto Endurecido: La densidad en su estado endurecido es mayor que la del estado fresco, originado por la pérdida de agua al transcurrirse dicho proceso de fraguado y endurecimiento. La densidad del concreto endurecido comúnmente oscila entre $2,300 \text{ kg/m}^3$ y $2,500 \text{ kg/m}^3$.

Es crucial saber que la densidad del concreto puede cambiar según la elaboración exacta de la mezcla. Los agregados utilizados, el porcentaje de agua, el tipo de cemento y la presencia de incorporaciones son elementos influyentes sobre la densidad final del concreto.

La masa específica del concreto guarda relación con su Peso Unitario, conforme indica la normativa ASTM, dicho valor fluctúa según los requisitos de cada componente estructural, de acuerdo al diseño de la mezcla, dado ello, se somete la mezcla a ensayos de concreto para

establecer su masa específica, como parte de las prácticas de control. Este ensayo proporciona información acerca de las particularidades de las mezclas frescas y arroja valores de densidad y la forma en que rinde ello mismo (ASTM, 2021).

El proceso implica extraer la muestra directa de la mezcladora o recipiente empleado sobre la preparación del concreto. Posteriormente, se coloca la muestra en un molde con dimensiones estandarizadas según su compactación (MTC, 2016). Luego de consolidar mediante vibrado y apisonado, logran ser eliminados los componentes excedentes a fin de conocer el peso neto del espécimen. Con ello, se procede a calcular la densidad del concreto

Elementos y recursos empleados sobre la ejecución de las pruebas de densidad en el concreto: Termómetro con graduación de 0,10°C, Embudos de vidrio: Uno con vástagos largos para líquido y otro con vástagos cortos para el cemento, Keroseno libre de líquidos que contempla por densidad superior a 0,730 g/ml a una temperatura equivalente a 23°C, no mayor ni menor a 2°C.

Tabla 2

Proporción de mezcla y volumen del medidor

Tamaño máximo del agregado (mm)	Volumen del medidor (L)
25	6
37.5	11
50	14
75	28
112	70
150	100

Nota. De “Terminología estándar relacionada con el concreto y los agregados del hormigón”, por ASTM (2021) (<https://bitly.cx/0NrL>).

Dentro de las propiedades mecánicas elegidas para el trabajo se tiene la resistencia a compresión y flexión. Estos ensayos son necesarios para garantizar la seguridad, durabilidad y eficiencia de las estructuras de concreto. Estos ensayos proporcionan datos críticos que permiten a los ingenieros y constructores asegurar que el concreto utilizado cumplirá con los

requisitos de diseño, normativas de construcción y expectativas de desempeño, minimizando riesgos y optimizando el uso de materiales. La resistencia a compresión es una de las propiedades más importantes del concreto porque determina su capacidad para soportar cargas, un concreto con la resistencia a compresión adecuada es menos susceptible a daños y deterioro, lo que contribuye a una mayor durabilidad y vida útil de la estructura. Este ensayo asegura que el concreto puede soportar las cargas previstas en el diseño estructural. Por otro lado, la resistencia a flexión del concreto es crucial para elementos estructurales que están sometidos a cargas que inducen esfuerzos de flexión, como vigas, losas y pavimentos. Los ingenieros utilizan la resistencia a flexión para diseñar y dimensionar elementos estructurales. Ensayar esta propiedad permite verificar que los diseños sean seguros y eficientes.

2.1.3. Propiedades mecánicas

Estas características se refieren a la capacidad de soportar y transmitir deformaciones o fuerzas, logrando ser determinadas por medio de ensayos. Respecto al concreto, abarcando en dicho punto, incluyen resistencia a fuerzas de compresión, tracción, flexión y desgaste. Según Moreno et al. (2017), la resistencia mide la representación del soporte necesario para que un material falle, y en el caso del concreto, esta resistencia alcanza su punto máximo generalmente a los 28 días de secado debido al proceso de hidratación. Además, Morales (2006) indica que el punto de tracción se determina en base a la fórmula $f_t = 1.50\sqrt{f'_c} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ ³. En lo que respecta al punto de tensión y flexión, son aproximadamente el 10% y 15%, respectivamente, sobre el punto de compresión

Resistencia a la compresión (RC):

Aborda ser la cualidad fundamental del concreto del cual muestra su capacidad para soportar cargas aplicadas en dirección axial o vertical, como la presión ejercida por el peso de

³ (Morales, 2006) pág. 10

una estructura. La medida de la misma en mención, logra ser expresada por medio de unidades de presión, típicamente en megapascales (MPa) o en libras por pulgada cuadrada (psi).

Dicha resistencia logra depender de variados factores, haciendo inclusión de la proporción de los componentes, el tipo y calidad de cemento, el contenido de agua, los curados y demás aspectos del proceso de mezcla y colocación. Algunos valores comunes de acuerdo a las diferentes tipologías de concreto son:

- Concreto de baja resistencia (17.20 MPa / 2500 psi a 20.70 MPa / 3000 psi): Utilizado en aplicaciones donde la resistencia no es la principal consideración, como aceras y pasillos.
- Concreto de resistencia media (20.70 MPa / 3000 psi a 34.50 MPa / 5000 psi): Ampliamente utilizado en construcciones residenciales y comerciales.
- Concreto de alta resistencia (34.5 MPa / 5000 psi y superior): Empleado en proyectos que requieren una resistencia superior, como puentes y estructuras de gran altura.

Es importante destacar que las especificaciones logran ser establecidas en correspondencia a los estándares y códigos de construcción locales. Estos valores pueden variar según la región y las normativas específicas del lugar donde se lleva a cabo la construcción.

La determinación de la misma logra ser ejecutada por medio de ensayos en laboratorio, generalmente utilizando probetas cilíndricas de concreto. Estas pruebas son esenciales a razón de prevalecer el acatamiento de las normas de diseño y seguridad en un proyecto de construcción.

La factibilidad de soportar compresión en el concreto no se reduce a la única respuesta del componente, ello se origina a partir de diversas interacciones de factor a factor, tiende a normalizarse mediante un indicador fundamental, unificando así gran parte de las tensiones aplicadas a cada unidad muestral. No obstante, dicho valor logra ser normalizado en base a un indicador fundamental por gran parte de las tensiones aplicadas a cada unidad muestral. Cada

uno de estos aspectos logran desempeñar un punto clave sobre la formación de la matriz estructural del concreto, por ende, en su capacidad para resistir las cargas que se acontezcan.

Entre los componentes claves que inciden en la resistencia a compresión se encuentran:

Volumen y atributos de los componentes: Esto hace alusión a la proporción de agua y cemento, donde estos mismos configuran la mezcla. El establecimiento preciso de ello se convierte en un punto crítico en la elaboración de mezclas que cumplan exigencias deseadas, la optimización de esta proporción busca lograr un equilibrio, asegurando que la mezcla logre ser suficientemente fluida a razón de facilitar su colocación y, al mismo tiempo, garantizando la obtención de la resistencia requerida para su aplicación específica. Dicha proporción se expresa mediante la norma de relación a/c de Abrams.

$$f'c = \frac{k1}{k2 \frac{a}{c}}$$

Siendo:

c=concreto

a=agua

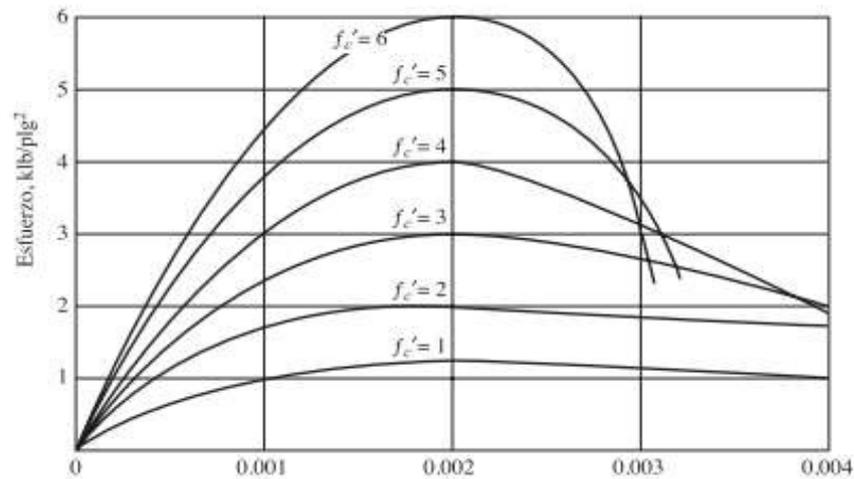
k=constantes empíricas

De acuerdo a lo que sostienen Mehta y Monteiro (2018), la capacidad de RC se establece en base a pruebas específicas (como la prueba de fallo de cilindros de concreto). Estas pruebas se llevan a cabo con cilindros de dimensiones 6 pulgadas por 12 pulgadas, y la resistencia máxima se registra después de 28 días de curado⁴.

⁴ (McCormac & Russell, 2018) pag 12

Figura 4

Relación entre esfuerzo y deformación unitaria



Nota. Curva de deformación típica del concreto, carga de corto plazo. De “Concreto: microestructura, propiedades y materiales”, por Mehta y Monteiro (2018) (<https://bitly.cx/xgaW>).

En este contexto, la presencia de aire suele disminuir la resistencia del concreto, por lo tanto, en las prácticas constructivas resulta crucial aplicar la vibración al concreto. Esto se hace con el fin de prevenir la presencia de cierta cangrejera y, por ende, evitar la disminución de la RC. Consiguiente a ello, se destaca que, según el cemento de acuerdo al tipo utilizado, logra ser instaurada cierta resistencia relativa, ello se detalla por medio de la tabla adjunta.

La utilización estratégica de la vibración busca, por tanto, optimizar la compactación del concreto y asegurar una distribución uniforme de los componentes en la mezcla, dicho procedimiento contribuye a prevenir la presencia de desfavorables problemas, minimizando la presencia de bolsas de aire indeseadas, las cuales podrían comprometer la integridad estructural del concreto.

Adicionalmente, es esencial destacar que la resistencia no solo tiende a estar afectada al prevalecer la presencia de aire, sino que también depende del tipo de cemento utilizado en la mezcla, cada tipo de cemento tiene asociada una resistencia relativa específica, como se

detalla en la tabla adjunta, dicha información proporciona una guía valiosa para los diseñadores y constructores al seleccionar el tipo de cemento más adecuado.

Tabla 3

Resistencia relativa aproximada del concreto según el tipo de cemento

Tipo de cemento Portland		Resistencia a la compresión (% del concreto de cemento Portland tipo I)			
		1 día	7 días	28 días	90 días
I	Normal o para construcción en general	100	100	100	100
II	Calor de hidratación moderado y resistencia moderada a los sulfatos	75	85	90	100
III	Alta resistencia inicial	190	120	110	100
IV	Bajo calor de hidratación	55	65	75	100
V	Resistencia a los sulfatos	65	75	85	100

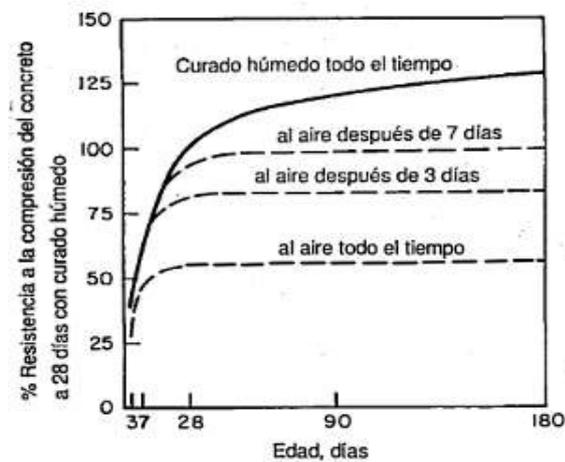
Nota. De “Concreto: microestructura, propiedades y materiales”, por Mehta y Monteiro (2018) (<https://bitly.cx/xgaW>).

Circunstancias de curado: Se refiere a los métodos que fomentan la rehidratación del cemento, donde la recuperación de la fase líquida contribuye a la consolidación y proporciona las propiedades de resistencia sobre el concreto en sus diseños. Así, al momento en que se extiende el periodo de curación del concreto, la resistencia mejora, esto teniendo en consideración las condiciones del ambiente y la temperatura logre ser mantenida dentro del rango normal. Mehta y Monteiro (2018) indican que, gran parte de ello, la fase de curación del concreto no se controla de forma exhaustiva⁵. No obstante, al momento en que los componentes de agua logran ser evaporados y el curado ocurre en el aire, su resistencia no logra incrementar con el transcurso del tiempo. Por medio de la tabla subsiguiente se exhibe el vínculo entre los componentes, la duración del curado y la capacidad de compresión que tiende a alcanzar el componente duro.

⁵ (McCormac & Russell, 2018) pag 3, pag 15

Figura 5

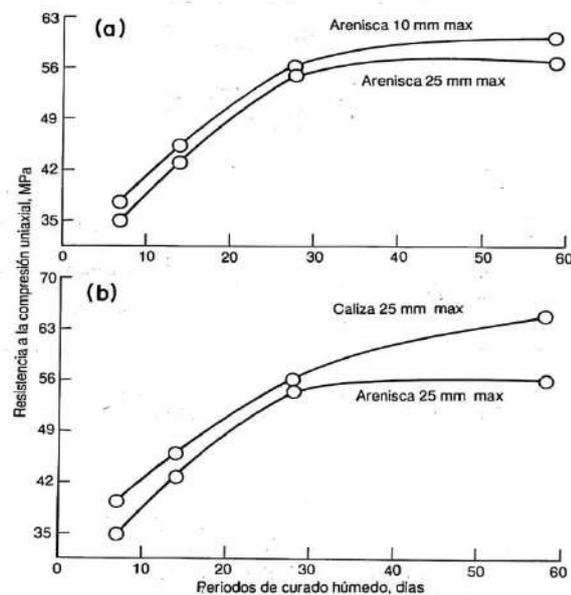
Vínculo entre las condiciones de curado y la Resistencia a la Compresión



Nota. De “Concreto: microestructura, propiedades y materiales”, por Mehta y Monteiro (2018) (<https://bitly.cx/xgaW>).

Figura 6

Vínculo entre el tamaño de agregado, tipo de material y periodo de curado en la $F'c$



Nota. De “Concreto: microestructura, propiedades y materiales”, por Mehta y Monteiro (2018) (<https://bitly.cx/xgaW>).

Las normativas de evaluación en el contexto de las pruebas de resistencia del concreto representan un conjunto crucial de regulaciones que rigen el procedimiento y las condiciones

bajo las cuales se someten los especímenes a ensayos, estas mismas abarcan diversos aspectos, desde la geometría de las muestras hasta consideraciones relacionadas con su nivel de humedad y tamaño, todos los cuales desempeñan un papel esencial en la precisión y la representatividad de los resultados obtenidos.

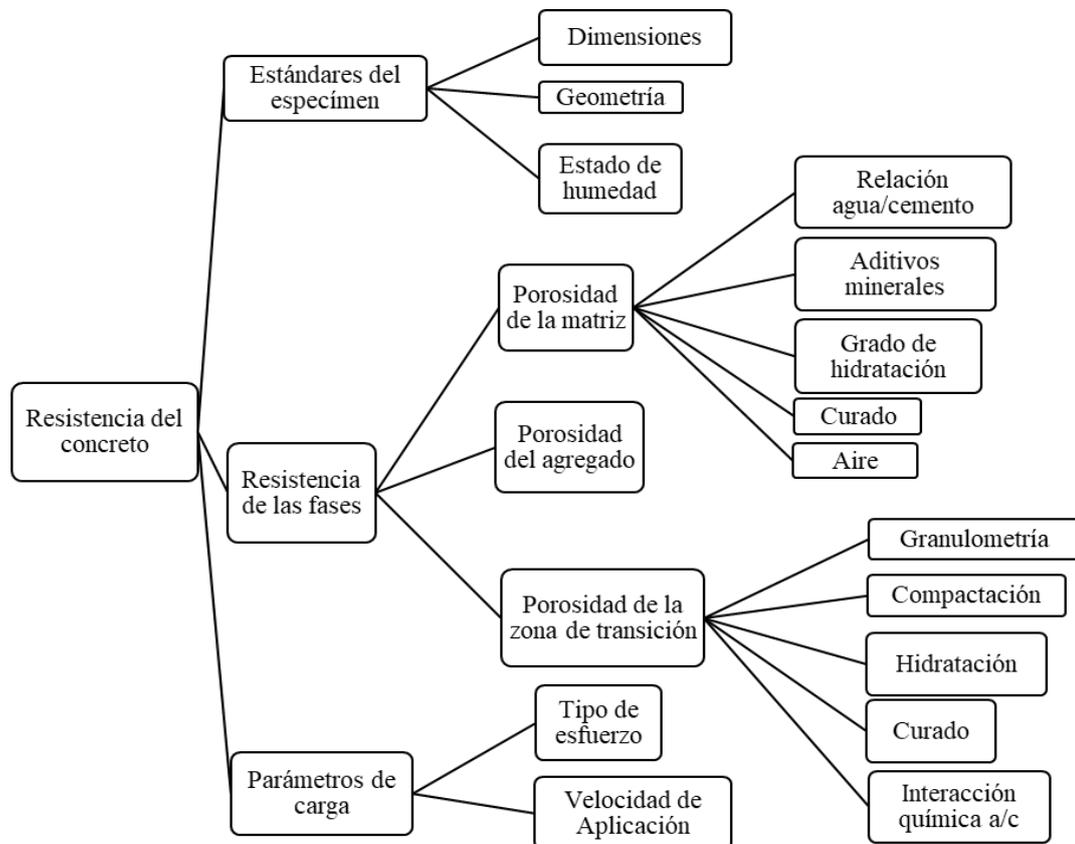
La geometría de los especímenes, como su forma y dimensiones, está sujeta a las normativas para garantizar uniformidad y comparabilidad entre las pruebas realizadas en diferentes situaciones, además, el nivel de humedad de las muestras es uno de los puntos críticos, dado que la presencia de líquido puede tener un impacto significativo sobre el concreto en sus propiedades. En correspondencia a las normativas, establecen pautas delimitadas para la preparación y el mantenimiento de la humedad de las muestras, asegurando condiciones estandarizadas para la evaluación de la resistencia.

Otro aspecto clave regulado por las normativas es el tamaño de los especímenes utilizados en las pruebas, el escujo adecuada del tamaño de la muestra, logrando ser un medio clave sobre el alcance de los resultados representativos y extrapolables a condiciones del mundo real. Las normativas definen criterios específicos para este aspecto, considerando variables como la variabilidad del material y la escala de la estructura o elemento de concreto que se está evaluando.

Es importante tener en cuenta que la duración del esfuerzo y la velocidad con la que se aplica son factores cruciales en las pruebas de resistencia del concreto, las normativas especifican los parámetros de carga y las condiciones ambientales para asegurar la consistencia en los procedimientos y facilitar la comparación de resultados entre distintos laboratorios y situaciones de prueba.

Figura 7

Interrelación de factores que influyen en la resistencia del concreto



Nota. De “Concreto: microestructura, propiedades y materiales”, por Mehta y Monteiro (2018) (<https://bitly.cx/xgaW>).

Resistencia a la flexión:

La resistencia a la flexión es otra particularidad importante del concreto y se refiere a su capacidad para generar soporte a cargas aplicadas en una viga o elemento estructural. La medida de esta se expresa generalmente en términos de resistencia a la flexión máxima o resistencia a la rotura en flexión.

Al ser iguala con la resistencia a la compresión, esta tiende a verse influenciada por variedad de factores, incluyendo la relación agua-cemento, la calidad del cemento, el tipo y tamaño de los agregados, el curado y otros aspectos del proceso de mezcla y colocación.

Logrando ser especialmente de importancia sobre elementos estructurales enfocados ante la presencia de la carga flexionante, como vigas y losas.

Se mide mediante ensayos de laboratorio, como el ensayo de flexión estándar. Por medio de este ensayo, una probeta prismática o viga de concreto se carga en su punto medio hasta que se produce la rotura. De igual forma logra ser calculada partiendo de la carga aplicada y las dimensiones de la probeta.

Es importante tener en cuenta que dicha resistencia con la resistencia a la compresión no siempre está directamente correlacionada. El concreto para tener una alta oposición a la compresión no necesariamente tendrá automáticamente una alta resistencia a la flexión. Por esta razón, las especificaciones de diseño suelen incluir requisitos específicos para ambas propiedades, dependiendo de las condiciones de carga previstas en la estructura.

Es una de las resistencias críticas al diseñar elementos estructurales, ya que afecta directamente la capacidad de las estructuras ante el soporte de fuerzas de flexión y distribuir cargas de manera eficiente.

Su capacidad de resistencia se refiere al fallo por momento en las losas o vigas sin ser reforzadas, y se define como una de las medidas indirectas sobre la resistencia a tracción. Además, aborda ser el indicador crucial en concreto sobre su calidad. Al establecer el presente contexto, de acuerdo con las normativas ASTM (2021), su resistencia a la flexión se expresa al módulo de rotura mediante la ecuación adjunta.

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$

Siendo:

R= módulo de ruptura

d=Peralte

b= ancho

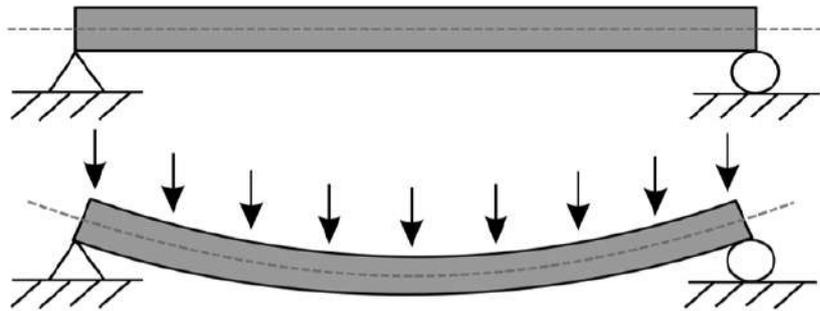
L= Longitud entre apoyos

P = Máxima carga

Por medio de la eventualidad de que cierto punto de flexión se sitúe a un tercio sobre la extensión entre los soportes.

Figura 8

Diagrama de capacidad de resistencia a la flexión de un componente estructural



Nota. De “Flexión mecánica”, por Martínez (2020) (<https://bitly.cx/J40v>).

Es relevante destacar que la resistencia en estos elementos no reforzados puede ser un medio determinante en las estructuras sobre su seguridad y estabilidad, la capacidad de soportar momentos de flexión sin sufrir colapsos es esencial para garantizar la integridad de cada componente estructural, contemplando dentro de ello a las vigas y losas, además, la resistencia se convierte en un criterio crucial al diseñar las infraestructuras que buscan el acatamiento de los estándares de seguridad y durabilidad exigidos por las normativas vigentes.

En el marco de las normativas establecidas por la ASTM en 2021, dicha resistencia se cuantifica mediante el módulo de rotura, una magnitud que se expresa mediante una fórmula específica, respecto al módulo de rotura constituye una herramienta fundamental para evaluar lo capaz que es el concreto al alcanzar el soporte de fuerzas a flexión sin notar fallas catastróficas, la aplicación de esta medida no solo proporciona información cuantitativa sobre la resistencia, sino que también contribuye a establecer estándares de calidad y rendimiento del concreto en diversas aplicaciones estructurales.

La capacidad de resistencia del concreto, en particular en términos de fallo por momento en losas o vigas sin refuerzo, representa un aspecto crítico en la evaluación de su desempeño estructural, dicho atributo se vincula directamente con la resistencia a tracción del mismo y se consolida como una medida indirecta que ofrece valiosa información sobre su calidad y comportamiento en situaciones de carga y deformación.

Resistencia a tracción por flexión:

La tracción por flexión en el concreto es la capacidad del material para resistir fuerzas de tracción cuando se somete a una carga que provoca su flexión. En términos simples, se refiere a cómo el concreto se comporta bajo un esfuerzo que intenta doblarlo. El concreto tiene una alta resistencia a la compresión, pero una baja resistencia a la tracción. Debido a esta baja resistencia a la tracción, es común que el concreto se agriete bajo cargas de flexión, ya que la parte inferior de la viga es donde se concentran los esfuerzos de tracción (Blazy y otros, 2021).

2.1.4. Agregado grueso

El agregado grueso es un componente presente sobre las mezclas de concreto y se utiliza para proporcionar resistencia y estabilidad a la estructura final. Consiste en partículas sólidas, generalmente piedras trituradas o grava, que son mayores en tamaño en comparación con el agregado fino (como la arena), cuyas características son las siguientes:

- **Tamaño de partícula:** El agregado grueso está compuesto por partículas de mayor tamaño, generalmente con diámetros que van desde fracciones de pulgada hasta varias pulgadas. Este tamaño varía según el diseño específico del concreto y el propósito de la estructura.
- **Resistencia y estabilidad:** El agregado grueso aporta resistencia mecánica al concreto. La presencia de estas partículas más grandes ayuda a mejorar la resistencia y la capacidad de carga respecto al concreto endurecido.

- **Distribución de esfuerzos:** Sus partículas ayudan a distribuir los esfuerzos a lo largo de la masa de concreto. Esto es particularmente importante en aplicaciones donde se esperan cargas pesadas o fuerzas de flexión.
- **Economía:** El uso de agregado grueso, como grava o piedra triturada, puede ser más económico en comparación con el uso de materiales más finos. Esto contribuye a la economía general de la mezcla de concreto.
- **Volumen de vacíos:** El espacio sobre las partículas de agregado grueso permite que el concreto sea más resistente y duradero. Este espacio también ayuda a reducir la cantidad de pasta de cemento que logra ser requerido para el llenado de vacíos, lo que puede mejorar la trabajabilidad y reducir la contracción.

Es importante seleccionar cuidadosamente el tipo y tamaño del agregado grueso según los requisitos específicos del proyecto de construcción. La elección adecuada del agregado grueso puede influir en las propiedades generales del concreto, así como en la durabilidad y la resistencia de la estructura final.

De acuerdo a líneas generales, los componentes pétreos conforman en un aproximado el 50% y el 60% del volumen del concreto, originado por las extensiones del componente, ya sea piedra, arena y demás en relación. Dado este contexto, McCormac y Russell (2018) indican que la parte dimensional correspondiente al mismo constituyente, tendrán que asegurar la facilidad de manejo de la mezcla y no entorpecer las consolidaciones del concreto⁶, dado que ellos desempeñan cierto papel esencial del cual afecta las características mecánicas del material. Conforme a Kosmatka et al. (2004), la cantidad de aire en las mezclas, guarda un vínculo directo con las extensiones de los áridos; dado que estos mismos con tamaño intermedio facilitan la entrada del aire, por otro lado, los componentes pétreos de mayores

⁶ (McCormac & Russell, 2018) pág. 18

dimensiones abordan el punto contrario a ello⁷. En esta perspectiva, la forma, geometría y las texturas del agregado grueso – agregado fino ejercen una influencia significativa sobre el concreto sobre la facilidad de manejo, fluidez y rendimiento.

Concreto reciclado

El concreto reciclado es una forma de reutilizar el concreto proveniente de estructuras demolidas o de restos de construcción para producir nuevo concreto. Este proceso logra contribuir sobre la sostenibilidad del ambiente, reduce la necesidad de materiales vírgenes y disminuye la cantidad de residuos en las etapas constructivas y demolición que terminan en vertederos.

La producción de concreto reciclado generalmente implica la trituración y clasificación de los restos de concreto, separando los materiales indeseados como metales y madera. Luego, los fragmentos de concreto triturados se utilizan con respecto a agregados grueso o fino en la mezcla de nuevo concreto.

El principal componente reciclado en el concreto reciclado es el agregado. Puede incluir tanto agregado grueso (grava triturada) como agregado fino (arena triturada). La calidad y características del agregado reciclado pueden variar según la fuente y el proceso de reciclaje. La utilización de concreto reciclado contribuye a la sostenibilidad ambiental, ya que reduce la demanda de recursos y minimiza la cantidad de residuos. Además, puede ayudar a disminuir las emisiones asociadas con la extracción y transporte de materiales vírgenes.

La calidad del concreto reciclado puede ser un factor crítico. Es importante realizar pruebas para garantizar que cumpla con los estándares necesarios para resistencia, durabilidad y otras propiedades. El proceso de mezcla y diseño del concreto reciclado debe ajustarse para garantizar un rendimiento adecuado. El concreto reciclado logra ser empleado en variadas aplicaciones, como pavimentos, cimientos, muros de contención y otros elementos

⁷ (Kosmatka et al., 2004) pág. 173

estructurales. Sin embargo, las aplicaciones específicas pueden depender de la calidad y las cualidades del concreto reciclado.

Aunque el concreto reciclado tiene beneficios ambientales, es crucial tener en cuenta los desafíos asociados con la variabilidad de los materiales reciclados y asegurar el acatamiento de los estándares de calidad para la seguridad y la eficiencia estructural. La adopción de prácticas sostenibles en la construcción, como el uso de concreto reciclado, continúa siendo una prioridad en la industria para reducir su impacto ambiental.

Los procedimientos de reciclaje sobre los componentes constructivos tienden a clasificarse por diversas maneras. Dependiendo de su punto originario, logran ser derivados de cerámicos, combinados o de cemento al estar duros. Igualmente, este material atraviesa por una fase de descomposición y tratamiento de los cuales posibilitan definir las características granulométricas adecuadas de acuerdo al propósito del componente reciclado.

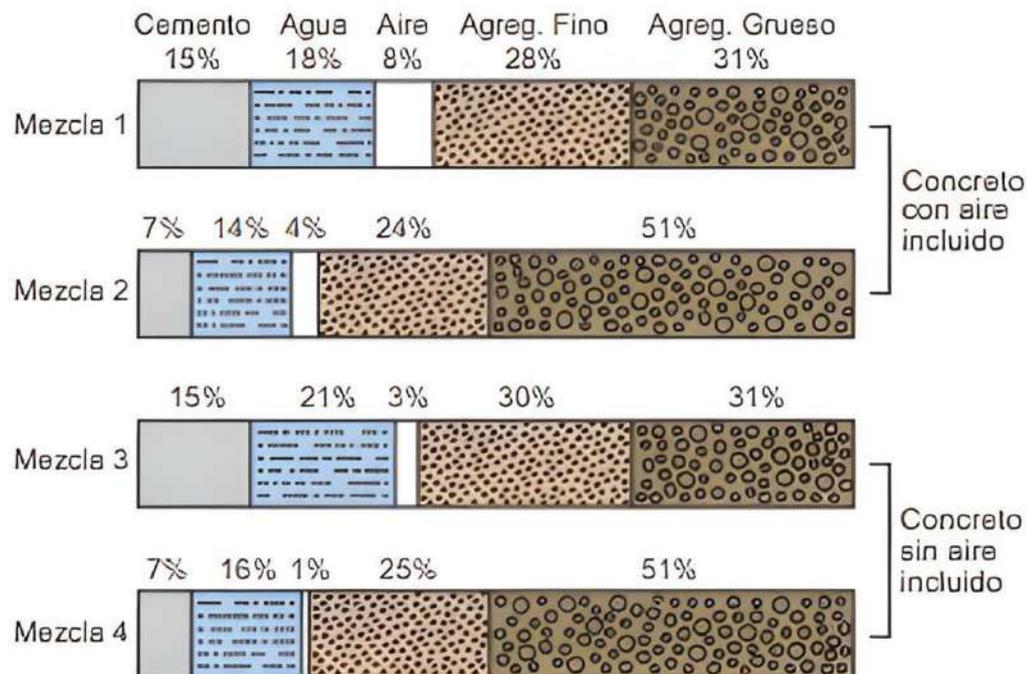
En el caso de materiales derivados del cemento, como el concreto, el reciclaje implica la trituración y procesamiento del material endurecido para obtener agregados reciclados que pueden emplearse en nuevas mezclas de concreto, dicho proceso de descomposición y tratamiento no solo se enfoca en minimizar los tamaños de sus partículas, sino también en la eliminación de impurezas y en la optimización de las características granulométricas para la aplicación específica (Sanchez, 2004).

El concreto reutilizado, en función de su punto originario, se clasifica como cierta combinación de áridos naturales y de los que se reciclan. Dado el contexto, Sánchez (2004) indica que los valores porcentuales óptimos sobre la inclusión de componentes pétreos gruesos para la formulación de las mezclas de concreto oscilan en 20 %, 30 %, 50 % y 100 %. Por medio de la figura 9 se exhiben las variaciones porcentuales de los componentes pétreos. De la barra 1 y 3 tienden a representar mezclas ricas en concreto con una baja proporción de

componentes pétreos. Las barras 2 y 4 muestran mezclas empobrecidas en concreto con una elevada proporción de componentes pétreos.

Figura 9

Modificación de las proporciones empleadas en las combinaciones de concreto



Nota. De “Diseño y Control de Mezclas de Concreto”, por Kosmatka et al., 2004 (<https://bitly.cx/i0yf>).

Producción de concreto reciclado

Los procedimientos a los cuales deben someterse los desechos se dividen en dos fases.

- A. Desmantelamiento: Es imperativo prevenir que los materiales destinados a convertirse en áridos gruesos entren en contacto con elementos contaminados por tierra o desechos de albañilería.
- B. Conversión: La elaboración de áridos de concreto reutilizado se asemeja a la fabricación de áridos de medio natural; no obstante, durante la fase de exclusión

de desechos, tiende a ser esencial contar con máquinas las cuales facilitan el punto separable de residuos (aceros).

Granulometría

La granulometría es un concepto fundamental en ingeniería y ciencias de los materiales que hace referencia al punto distributivo de tamaños de partículas sobre el componente determinado, ya sea suelo, arena, grava, o incluso en mezclas como el concreto. Este análisis permite entender la composición del material en términos de las dimensiones de las partículas que lo constituyen.

En el contexto de la construcción, la granulometría es especialmente relevante al considerar los agregados empleados para el concreto. Los agregados tienden a clasificarse en gruesos (como la grava) y finos (como la arena), y la combinación adecuada de estos tamaños influye en las cualidades del concreto final, como su resistencia y trabajabilidad.

La representación gráfica del punto distributivo de los tamaños de partículas se ejecuta a través de la curva granulométrica, contemplando al eje horizontal que muestra el tamaño de las partículas y al eje vertical el cual indica el porcentaje acumulado de material más pequeño que un tamaño específico.

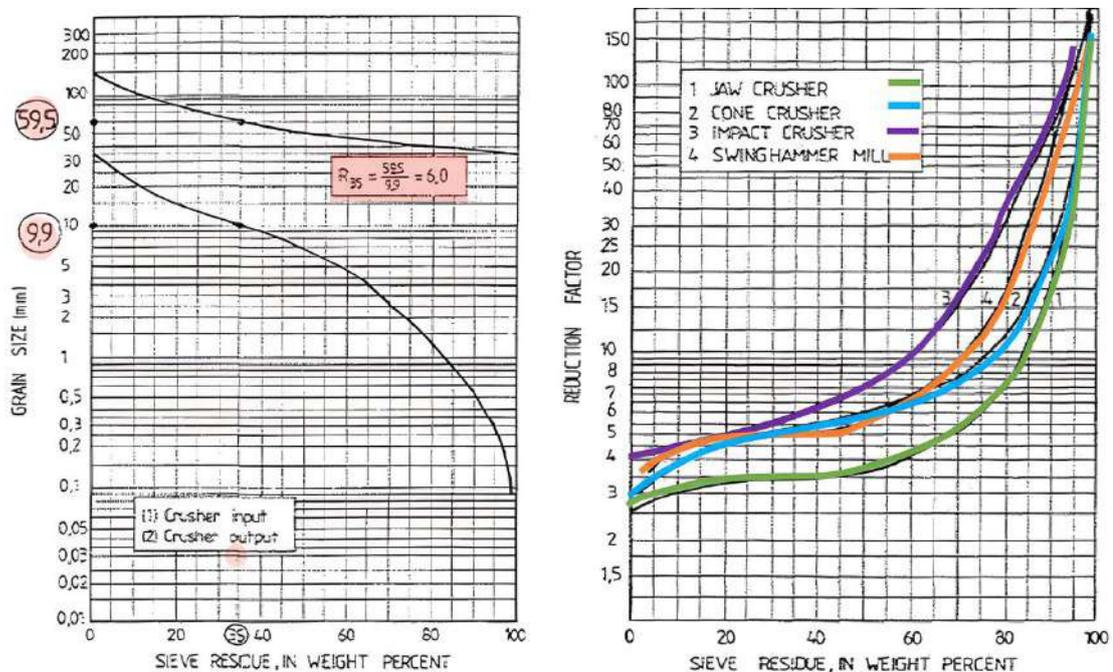
En geotecnia, la granulometría es esencial para clasificar diferentes tipos de suelos, como arcilla, limo, arena o grava. La presencia de distintos tamaños de partículas afecta propiedades importantes del suelo, en correspondencia a su permeabilidad, compresibilidad y capacidad de soporte.

La comprensión de la granulometría es crucial para los maestros de la ingeniería civil, ya que afecta directamente la calidad y el rendimiento de los componentes empleados para proyectos. La aplicación adecuada de estos conocimientos contribuye a la eficiencia y sostenibilidad en el diseño y construcción.

Dada la particularidad del concreto reutilizado, logra estar directamente relacionada con la fase de molienda a la que fue expuesto el concreto endurecido en la fase de fabricación, y se define como el fruto de la relación entre el tamiz retenido antes de llevar a cabo la molienda y el tamiz retenido posterior a la fase de triturado. Esta operación es crucial para obtener fragmentos de tamaño adecuado que puedan incorporarse eficientemente en nuevas mezclas, asegurando así un rendimiento óptimo del componente que se recicla (Kosmatka et al., 2004)⁸

Figura 10

Factor de reducción de tamaño



Nota. Condiciones granulométricas. Adaptado de “Especificación estándar para agregados para concreto”, por ASTM C-33, 2003.

La granulometría del concreto reciclado se determina considerando la gradación inicial y el sistema de triturado empleado.

⁸ (Kosmatka et al., 2004) pag 108 -113

Figura 11

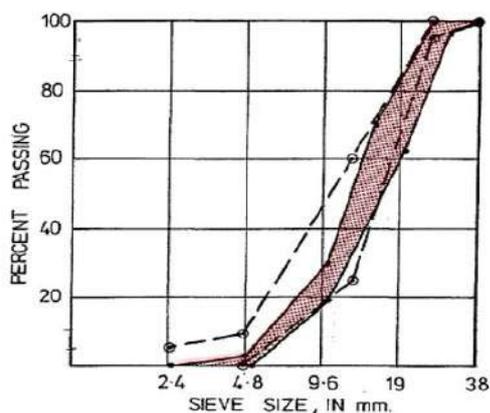
Comparativa de módulos granulométricos entre agregado naturales y reciclados

	MÓDULO GRANULOMÉTRICO DEL ÁRIDO RECICLADO	MÓDULO GRANULOMÉTRICO DEL ÁRIDO NATURAL	T _{max}	COMENTARIOS
Ref. 118	6,9	6,88	20 mm	Trituradora de mandíbulas Hormigón 60 N/mm ²
Ref. 75	6,71-6,69-6,66	6,72	25 mm	Hormigones de diferentes calidades (80-60-30 /mm ²) Trituradora de mandíbulas
Ref. 153	[6,34-6,57]	6,78	-	Escombros de hormigón
	[6,24-6,78]			Escombros mezclados
Ref. 105	[6,95-7,36]	-	25 mm	Hormigón procedente de diferentes estructuras (amplio rango de resistencias)
Ref. 79	7,06-7,04-6,88	7,07	20-25 mm	Varios procesados Rc. hormigón original – 40 N/mm ²
	7,12-6,92-6,82			Varios procesados Rc. hormigón original – 20 N/mm ²
Ref. 66	7,06-7,03-7,00	6,55	25 mm	a/c 0,45-0,55-0,68
Ref. 67	6,88-6,84-6,84	6,90	-	a/c 0,45-0,55-0,58 Trituradora de mandíbulas
Ref. 62	7,55-7,63-7,14	7,35	-	A/c 0,45-0,55-0,68
Ref. 43	[6,51-7,24]	6,79		Diferentes procesados
Ref. 100	7,19	6,86	25 mm	Trituradora de mandíbulas
Ref. 69	6,44-5,70	6,78	20 mm	Diferentes plantas de reciclado

Nota. De “Estudio sobre la utilización de árido reciclado para la fabricación de Hormigón Estructural”, por Sanchez (2004) (<https://doi.org/nd74>).

Figura 12

Huso granulométrico de los agregados reciclados



Nota. Las líneas discontinuas señalan la pendiente necesaria para un agregado grueso de 25 mm, mientras que la región sombreada representa el intervalo de pendientes de agregado grueso hasta 25 mm producido por una trituradora. Tomado de “Especificación estándar para agregados para concreto”, por ASTM C-33, 2003.

2.1.5. Cemento endurecido

Definición

Dicho conglomerante se obtiene a partir de sílice, óxido de hierro, alúmina y cal; dados los elementos logran mezclarse dentro del horno giratorio a elevadas temperaturas, a razón de lograr equilibrios químicos. Durante ello, logran ser eliminados los niveles de humedad y líquidos presentes en los componentes a fin de adquirir cierta textura pastosa cuando está caliente y, al estar frío, generar cristalización, precursores de los cementos pulverizados. De igual manera, dichas partículas están compuestas de Belita (C_2S) y Alita (C_3S) (Bolaños, 2018).

El proceso de obtención del conglomerante, es decir, del cemento, es un procedimiento complejo que involucra la combinación y transformación de diversos elementos fundamentales, tales como sílice, óxido de hierro, alúmina y cal, dicho proceso tiene lugar en un horno giratorio a elevadas temperaturas, donde los componentes se mezclan de manera meticulosa con el objetivo de alcanzar equilibrios químicos específicos. La interacción entre estos elementos durante el proceso de cocción es esencial para la formación del cemento.

Durante la fase de producción, se lleva a cabo la eliminación de los niveles de humedad y líquidos presentes en los componentes. Esta deshidratación contribuye a la obtención de una textura pastosa en el cemento cuando se encuentra en estado caliente, posteriormente, al enfriarse, el cemento experimenta un proceso de cristalización que da lugar a la formación de partículas de cemento pulverizado, fundamentales en la composición final del material (Bolaños, 2018).

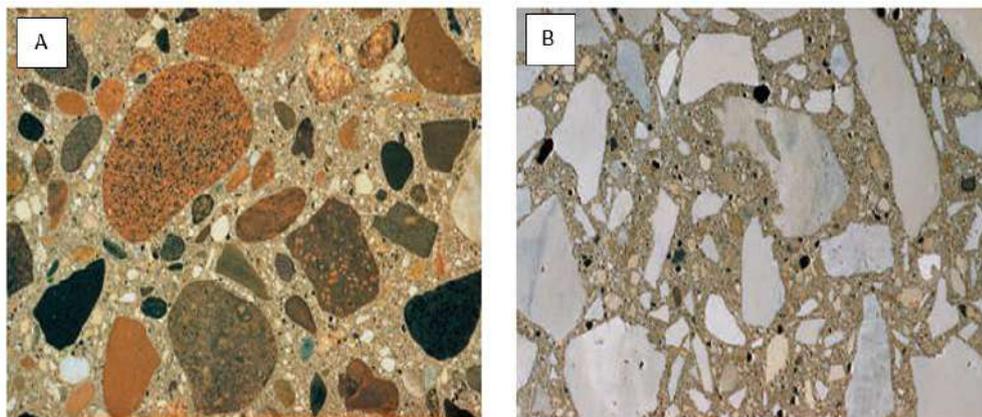
La complejidad química y física del proceso de obtención del cemento subraya la importancia de un control preciso durante cada etapa. La manipulación de las temperaturas, la eliminación de la humedad y la formación de compuestos específicos son factores críticos para garantizar el componente final de calidad. Respecto al conocimiento detallado de estos

procesos químicos y su relación con las propiedades del cemento es esencial para el alcance de mejoras continuas.

De acuerdo a lo establecido por Silva y Delvasto (2021), dentro del punto rehidratante, logra acontecer que los vínculos químicos del concreto al encontrarse con el agua, el endurecimiento y fraguado incrementen en las mezclas su temperatura, indicio de las contracciones de los componentes. Siendo resultante que el cemento se endurezca. Además, el reconocimiento y la comprensión del punto rehidratante no solo son cruciales para entender el proceso de fraguado y endurecimiento, sino que también son esenciales para prever y gestionar posibles contracciones en los componentes del concreto. Estas contracciones pueden afectar las propiedades finales del material y, por ende, la durabilidad y resistencia del concreto en su aplicación práctica, logra ser importante señalar que el endurecimiento del cemento es un resultado directo de estas reacciones químicas y de la consecuente liberación de calor.

Figura 13

Perfiles transversales del concreto endurecido



Nota. A: Concreto endurecido con agregados de grava redondeada de silicio, B: Concreto endurecido con agregados calcáreos triturados. De “Diseño y Control de Mezclas de Concreto”, por Kosmatka et al. (2004) (<https://bitly.cx/i0yf>).

El punto de rehidratación es crucial en el proceso de fraguado y endurecimiento del concreto, cuando el concreto entra en contacto con el agua, los vínculos químicos presentes en la mezcla experimentan un aumento en temperatura, indicativo de las contracciones de los componentes, este fenómeno resulta en el endurecimiento del cemento, siendo fundamental comprenderlo para anticipar y gestionar posibles contracciones en los elementos del concreto (Silva y Delvasto, 2021).

La comprensión del punto de rehidratación no solo es esencial para entender el proceso de fraguado y endurecimiento, sino que también presentan un papel crucial en la predicción y gestión de las contracciones potenciales en los componentes del concreto, dichas contracciones pueden tener un impacto significativo en las propiedades finales del material, afectando la resistencia y durabilidad del concreto en su aplicación práctica (Bolaños, 2018).

Cabe destacar que el endurecimiento del cemento es el resultado directo de estas reacciones químicas y de la consiguiente liberación de calor, por lo tanto, la comprensión detallada del punto de rehidratación no solo contribuye a la optimización del proceso de fraguado, sino que también se vuelve fundamental para garantizar la calidad y rendimiento duradero del concreto en diversas aplicaciones prácticas.

Es importante destacar que la deshidratación no solo afecta la textura del cemento, sino que también representa un papel importante en el proceso de enfriamiento subsiguiente, después de la fase de calor, el cemento experimenta un fenómeno de cristalización al enfriarse. Este proceso cristalino es esencial, ya que guía a la formación de partículas de cemento pulverizado.

Este fenómeno de cristalización durante el enfriamiento no solo es un paso intrínseco en la producción de cemento, sino que también contribuye de manera significativa a las propiedades finales del material, las partículas de cemento pulverizado generadas durante este

proceso son cruciales para la resistencia y durabilidad del cemento, influyendo directamente en su rendimiento en diversas aplicaciones constructivas (Silva y Delvasto, 2021).

Tabla 4

Fases de reacción por hidratación del cemento

Etapas de la reacción	Procesos químicos	Procesos físicos	Influencia en las propiedades mecánicas
Primeros minutos	Diluido rápido inicial de sulfatos y aluminatos de álcali, hidratación inicial de C3S; formación de etringita.	Alta velocidad de evolución de calor	Cambio en la composición de la fase líquida, puede influir en el fraguado
De 1 – 4horas (Periodo de inducción)	Disminución de silicato, pero aumento en la concertación de Ca alcanza un nivel de súper saturación	Formación de los primeros productos de hidratación; baja velocidad de evolución de calor.	Formación de cristales por balance inadecuado de los iones de aluminato y sulfato, pueden influir en el fraguado y la trabajabilidad. La hidratación de los silicatos de calcio determina el fraguado inicial.
Aprox. De la 3ra. a 12. hora (etapa de aceleración)	Rápida reacción química de los silicatos de Ca para forman C-S-H y CH; disminución de la súper saturación de Ca.	La rápida formación de hidratos provoca una disminución en la porosidad, alta velocidad de evolución de calor.	Fraguado inicial, cambio de consistencia plástica a rígida, desarrollo de resistencia temprana, fraguado final.
Etapa de post - aceleración	Formación de CH y C-S-H controlada por difusión, recristalicen de sulfato y polimerización de posibles silicatos	Disminución en la evolución de calor, continua disminución de la porosidad formación de adherencia entre partículas, pasta y agregados.	Continuo desarrollo de la resistencia a velocidad decreciente. La porosidad y morfología del sistema hidratado determina la resistencia final, estabilidad del volumen y durabilidad.

Nota. Adaptado de “Diseño en concreto armado”, por Morales (2006).

Endurecimiento del cemento

Ochoa y Flores (1995) indica sobre la estructura química del conglomerante, ello proviene de la descomposición del material, tales como componentes rocosos de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y CaCO_3 , donde ellos, al ser expuestas a elevadas temperaturas se convierten en CaSO_4 , en su mayoría llamado "yeso de París", y CaO , denominado por medio de la "cal viva".

A esta última en mención, se le agrega agua (H_2O) a fin de extinguirla y alcanza polvo sumamente fino, dicha fórmula química logra ser $CaO.H_2$ o $OCa(OH)_2$. Dentro de ello, el componente deshidratado en su punto mayor, razón por la cual, al incorporar excesiva agua, dicho conglomerante logra recuperar el agua que perdió, ocasionando cambios en las características físicas del material pulverizado, dando lugar a la fase de fraguado, seguido del proceso de endurecimiento.

Conforme a varias investigaciones, estos procedimientos involucran las fases de cristalización, de los cuales implican la creación de la red iónica que compacta los polvos de cementos, y gelificaciones, que abarca las hidrataciones de los componentes a razón de producir productos fraguados y endurecidos (Ochoa y Flores, 1995).

De acuerdo a diversos estudios relacionados al ámbito ingenieril por los materiales, los procedimientos de reciclaje de componentes constructivos abarcan fases cruciales que influyen en la transformación de los materiales reciclados, estas etapas, según señalan estudios como el realizado por Ochoa y Flores (1995), comprenden la cristalización y la gelificación, procesos fundamentales que impactan directamente sobre las características y particularidades de los elementos alcanzados a partir de los polvos de cementos reciclados.

La fase de cristalización se destaca por la creación de una red iónica que compacta los polvos de cemento reciclados, dicho proceso es esencial para la formación de una estructura sólida y cohesiva, donde los elementos constituyentes se organizan en una disposición cristalina que otorga resistencia y estabilidad al material, la comprensión detallada de la cristalización es crucial para optimizar el proceso y garantizar que se alcancen las propiedades deseadas en los componentes reciclados (Ochoa y Flores, 1995).

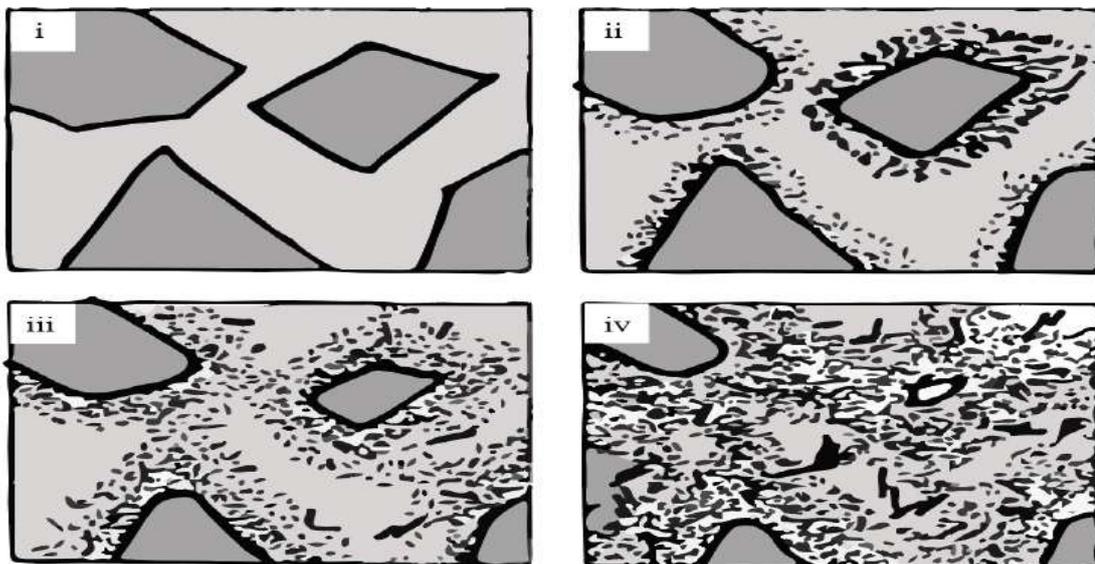
La gelificación, por otro lado, abarca las hidrataciones de los componentes presentes en los polvos de cemento reciclado, dicho proceso conlleva la formación de geles que contribuyen a la creación de productos fraguados y endurecidos, la gelificación tiende a ser

uno de los factores claves sobre el alcance de la resistencia mecánica necesaria para que los componentes reciclados puedan desempeñar su función en nuevas aplicaciones constructivas (Ochoa y Flores, 1995).

Ambas fases, cristalización y gelificación, están intrínsecamente ligadas y su comprensión detallada es esencial para diseñar medios de reciclaje, la optimización de estas etapas permitirá no solo maximizar la utilización de materiales reciclados, contribuyendo así a la sostenibilidad y la reducción de residuos en la construcción, sino también asegurar la calidad y el punto durable de los productos obtenidos a partir de estos procedimientos. El conocimiento profundo de estos procesos proporciona la base para el desarrollo de tecnologías avanzadas que promueven la reutilización eficiente de materiales (Ochoa y Flores, 1995).

Figura 14

Etapas del cemento portland



Nota. i) Distribución de los granos de Clinker, ii) El producto de hidratación se expande tanto hacia el interior como hacia el exterior de cada grano, iii) Las capas que envuelven el Clinker se superponen y se fusionan, dando lugar a la formación de un gel continuo (fraguado), iv) Después de un día el gel continuo se endurece. Adaptado de “Química del cemento” (p. 30), por Ochoa y Flores (1995).

La formación de una red iónica durante la cristalización es esencial, ya que actúa como un enlace crucial entre los polvos de cemento reciclados, contribuyendo así a la cohesión del material, la disposición ordenada de los elementos constituyentes en la estructura cristalina resultante no solo proporciona solidez al material, sino que también influye directamente en sus propiedades mecánicas y químicas (Silva y Delvasto, 2021).

La comprensión detallada de este proceso cristalino reviste una importancia particular, la investigación en este campo no solo arroja luz sobre la naturaleza misma de la cristalización en los componentes reciclados del cemento, sino que también permite identificar oportunidades para optimizar el proceso. Esta optimización es esencial para garantizar que las propiedades específicas y deseadas en los componentes reciclados se alcancen de manera eficiente.

La gelificación, como proceso esencial en la utilización de polvos de cemento reciclado, se extiende a través de las hidrataciones de los diversos componentes presentes en dichos polvos. Este proceso de gelificación emerge como un elemento crucial en la ingeniería de materiales de construcción, dado que desempeña un papel determinante en la consecución de la resistencia mecánica necesaria para que los componentes reciclados cumplan efectivamente con su función en nuevas aplicaciones constructivas. En este contexto, investigaciones realizadas por Ochoa y Flores (1995) subrayan la importancia de la gelificación como uno de los factores clave que influyen en el alcance y la calidad de la resistencia mecánica alcanzada por los materiales reciclados.

La formación de geles durante el proceso de gelificación no solo es un fenómeno de interés teórico, sino que tiene implicaciones prácticas significativas en la industria de la construcción sostenible. La capacidad de estos geles para consolidar y fortalecer los polvos de cemento reciclado representa un avance fundamental, permitiendo así la reutilización de materiales y el aporte a prácticas más respetuosas con el medio ambiente.

Figura 15

Proceso de endurecimiento

Sección	Vista del horno	Proceso de nodulización	Reacción de clinkerización
A 700°C Las materias primas son un polvo de flujo libre		Las partículas son sólidas. No hay reacción entre las partículas. 	Hay pérdida de agua. La arcilla deshidratada se recristaliza. ● Partícula de arcilla ● Partícula de caliza
700-900°C El polvo aun fluye libremente		Las partículas aun son sólidas. 	A medida que la calcinación continua, la cal libre aumenta. La sílice reactiva combina con el CaO para empezar a formar C ₂ S. La calcinación mantiene la temperatura de alimentación en 850°C.
1150-1200°C Las partículas empiezan a ser "pegajosas"		Las reacciones empiezan entre las partículas sólidas. 	Cuando la calcinación termina, la temperatura se eleva rápidamente. Los cristales pequeños de belita se forman por la combinación de silicatos con CaO.
1200-1350°C Las partículas comienzan a aglomerarse, ellas se mantienen juntas por el líquido. La rotación del horno empiezan la cocción de los aglomerantes		Las fuerzas capilares del líquido mantienen las partículas juntas. 	La fase líquida se forma cuando la temperatura excede 1250°C. El líquido permite la reacción entre la belita y el CaO libre, formando alita.
1350-1450°C La aglomeración de las partículas continua a medida que el material cae encima uno del otro		Si hay líquido suficiente, se forman nódulos. La insuficiencia de líquido producirá un clinker polvoriento. 	La cantidad de cristales de belita disminuye y su tamaño aumenta. El tamaño y la cantidad de alita aumentan.
Enfriamiento		Los nódulos de clinker no cambian durante el enfriamiento. 	Bajo el enfriamiento, el C ₃ A y el C ₄ AF se cristalizan en la fase líquida. La estructura laminar aparece en los cristales de belita.

Nota. Se expone el procedimiento de fabricación del Clinker de cemento, desde la materia prima hasta el producto final. De "Diseño y Control de Mezclas de Concreto", por Kosmatka et al. (2004) (<https://bitly.cx/i0yf>).

Ensayo de granulometría

Es una prueba empleada para el conocimiento de la distribución de tamaños de partículas de acuerdo al suelo o agregados. Este análisis es fundamental en la caracterización de materiales para la construcción, ya que el punto distributivo de tamaños puede influir sobre diversas propiedades del suelo o agregados, como su capacidad de drenaje, compacidad y resistencia. Conforme al MTC (2016), se especifica que la granulometría se refiere a las dimensiones del agregado, de los cuales se someten a estudio; dicho análisis se realiza mediante el método de tamizado. En este proceso, la muestra de agregado se hace pasar por columnas de malla dispuestas ordenadamente de acuerdo al tamaño de abertura de cada una. Es relevante separar los agregados mediante tamices gruesos y finos, de modo que el agregado grueso pueda retenerse por medio del tamiz #4, que corresponde a la malla que contempla una abertura igual a 4.750 mm. Además, dicho ensayo logra complementarse por medio del punto determinante del módulo de fineza. La presente clasificación de los áridos en correspondencia con su diversificación entre componentes gruesos y se finos basa en las normas ASTM (2021).

Correspondiente al proceso de tamizado, la muestra de agregado fino y agregado grueso se somete a un meticuloso análisis al hacerla pasar por columnas de malla dispuestas de manera ordenada, cada una con un tamaño de abertura específico, dicho método proporciona una visión detallada del punto distributivo de tamaños presentes sobre la muestra, ello resulta primordial a razón de comprender las características de los componentes empleados sobre la construcción. en este contexto, se analiza mediante el método de tamizado, un procedimiento que permite el conocimiento de sus particularidades esenciales.

Dicho análisis logra aportar información valiosa sobre la composición y la uniformidad de los agregados, permitiendo a los profesionales de la construcción tomar decisiones informadas en la selección, de igual forma, la aplicación de este método contribuye a asegurar la calidad y la eficiencia de las estructuras elaboradas, ya que una distribución adecuada de

tamaños de partículas influye directamente en las cualidades del concreto y, dado ello, sobre su resistencia y durabilidad para las construcciones.

Tabla 5

Dimensión de los tamices ASTM – Estudio granulométrico

Agregado	Dimensiones del tamiz (ASTM)		Tamaño nominal del tamiz
		Pulgadas	mm
Grueso		3	75
		2 1/2	63
		2	50
		1 1/2	37.5
		1	25
		3/4	19
		1/2	12.5
		3/8	9.5

Nota. Adaptado de “Terminología estándar relacionada con el hormigón y los agregados del hormigón”, por ASTM (2021) (<https://bitly.cx/0NrL>).

Ensayo de porcentaje de absorción

El ensayo de porcentaje de absorción es una técnica utilizada para determinar cuánta agua puede ser absorbida por un agregado pétreo, como la grava o la piedra triturada. Este proceso es esencial en la industria de la construcción, ya que el nivel de absorción del agregado puede tener un impacto significativo en términos de trabajabilidad y durabilidad.

En este ensayo, se toma una muestra representativa, la cual se seca completamente en un horno. Posteriormente, la muestra se satura sumergiéndola en agua por un período específico y se pesa inmediatamente después de retirarla del agua. El punto diferencial sobre el peso saturado superficial y el peso seco al aire se utiliza para calcular el porcentaje de absorción.

Esta cifra porcentual de absorción es un indicio sobre cuánta agua el agregado logra retener en relación con su peso seco. Estos resultados son esenciales en el diseño del concreto sobre sus mezclas, ya que la cantidad de agua absorbida tiende a perjudicar la relación agua-cemento y, por ende, sus propiedades finales al estar ya endurecido.

Es crucial seguir normativas y estándares específicos durante la ejecución de este ensayo para garantizar resultados precisos y comparables. Factores como la duración del tiempo de saturación y las condiciones del ambiente, como el punto húmedo o de temperatura, también deben ser controlados según las especificaciones del ensayo. Estos resultados proporcionan información valiosa para optimizar el diseño del concreto y garantizar la calidad y durabilidad de las estructuras construidas.

La absorción hace referencia al incremento de la masa en los dos tipos de agregados, ocasionado en base al agua presente en sus poros, siendo ello por la presencia de porosidad en el componente; a grandes volúmenes del poro, será capaz de absorber mayores cantidades. McCormac y Russell (2018) indican que gran parte de los elementos rocosos de los cuales constituyen el agregado por masas normales logran tener niveles de porosidad relativamente estandarizados, aunque algunos elementos rocosos presentan cierta cavidad considerablemente enormes que logran interconectarse, volviendo a estos elementos permeables. La excesiva de porosidad sobre los elementos rocosos puede ser el indicio de deterioro por bajas densidades, y aquellos con dicha característica tienden a exhibir altas capacidades de absorción de líquido al momento que se emplean como áridos, permitiendo que el mortero logra penetrar y mejore su adherencia respecto al concreto. Dado el contexto general, en las pruebas de absorción se expresa las cantidades de líquidos absorbidos por medio de los agregados después de 24 horas de ser inmersas en agua por medio de un porcentaje de sus masas. La porosidad en los agregados tiende a influenciar sobre la capacidad de absorción de agua, los poros, al actuar como espacios vacíos dentro de la estructura del agregado, permiten que el agua penetre y se almacene en su interior, dicho proceso puede variar según la naturaleza del material rocoso que compone el agregado, afectando directamente propiedades importantes del concreto.

El fenómeno de absorción de líquido en los áridos porosos desencadena una serie de interacciones a nivel microestructural que tienen repercusiones directas en la eficacia y

durabilidad de las estructuras construidas, la capacidad de los elementos rocosos para absorber el mortero no solo influye en la resistencia mecánica del conjunto, sino que también logran desempeñar un punto clave sobre la capacidad de la construcción para resistir condiciones ambientales adversas, como la exposición a la intemperie o la presencia de agentes químicos corrosivos. La utilización de áridos con características porosas controladas puede ser estratégica, ya que, si se maneja de manera adecuada, esta porosidad puede ser una ventaja para mejorar las propiedades del componente, optimizando su comportamiento (McCormac y Russell, 2018).

Peso específico

El peso específico del concreto, además conocido por medio de la densidad del concreto, puede variar según la mezcla específica utilizada, pero en general, se encuentra en el rango de aproximadamente $2,400 \text{ kg/m}^3$ a $2,500 \text{ kg/m}^3$ (o alrededor de 150 lb/ft^3 a 156 lb/ft^3). La densidad del concreto depende de diversos acontecimientos, incluyendo la proporción de agua, los tipos y cantidades de agregados (grava y arena), la tipología de cemento, y al presentarse aditivos. En la práctica, las mezclas de concreto pueden diseñarse a fin de dar cumplimiento con las exigencias específica de densidad según las necesidades del proyecto.

Cuando se trabaja con concreto, es común utilizar valores estándar para la densidad, y los valores mencionados anteriormente son típicos para muchas mezclas de concreto convencionales. Es importante destacar que la densidad del concreto puede afectar el rendimiento estructural, la resistencia y demás características presentes al estar endurecido. Los ingenieros y diseñadores consideran cuidadosamente la densidad del concreto al planificar y ejecutar proyectos de construcción para asegurarse de que cumpla con los requisitos específicos de la aplicación.

Conforme al MTC (2016), dada esta situación, se emplea la definición de densidad aparente a razón de conocer las características de densidad, la cual se entiende por medio de

los pesos específicos. En términos simples, se refiere a las masas de unas cantidades de poro sobre el aire al estar saturados y secos de forma superficial, divididas por las masas de unas cantidades iguales de agua sobre el aire, a las mismas temperaturas y sin aire. En resumen, este punto en mención se determina por medio de condiciones saturadas o superficialmente secas. Además, sobre los agregados proporciona cierta indicación de sus pesos como proporciones para el peso en su totalidad que logra actuar en el concreto. Estos valores son valiosos para calcular las cantidades en la mezcla, ya que se emplean sobre mediciones volumétricas. Logra ser de importancia dar a conocer que la compacidad de los áridos logra depender de sus composiciones químicas o de las fases formadas al que logran someterse, dado que también contemplan la porosidad.

Esta mismas se conceptualiza de manera fundamental mediante la relación de masas entre cantidades de poro sobre el aire en su estado saturado y seco superficialmente, dicha relación se establece al dividir las masas de poros sobre el aire por las masas de cantidades equivalentes de agua sobre el aire, todo ello considerando las mismas temperaturas y sin la presencia de aire adicional.

En términos más simples, la densidad aparente proporciona una medida relativa de la cantidad de porosidad en un material, tomando en cuenta su capacidad para retener aire y agua en condiciones específicas, la comprensión detallada de este parámetro resulta crucial para los profesionales de la construcción, ya que la porosidad de los materiales puede tener implicaciones significativas en las propiedades fundamentales.

Peso unitario

Hace referencia al peso del concreto por unidad de volumen y logra ser expresado de forma común por medio de unidades como kg/m^3 o libras por pie cúbico (lb/ft^3). También se conoce como densidad unitaria.

De igual forma, este mismo puede variar según la composición específica de la mezcla y otros factores. Sin embargo, un valor típico para el concreto fresco en construcción oscila dentro de los $2,300 \text{ kg/m}^3$ y $2,500 \text{ kg/m}^3$ (alrededor de 143 lb/ft^3 a 156 lb/ft^3). En términos prácticos, los ingenieros y diseñadores de estructuras consideran el peso unitario del concreto al realizar cálculos estructurales y al determinar la carga que una estructura puede soportar. Este valor es importante al diseñar y construir edificios, puentes, pavimentos y otras estructuras de concreto. La elección de la mezcla de concreto y la densidad unitaria adecuada son consideraciones esenciales a fin de aseverar el rendimiento idóneo de las estructuras.

Conforme al MTC (2016), se señala que la densidad aparente logra ser definida por medio del peso de los áridos de acuerdo al volumen específico. Dicho parámetro logra medir el espacio que abordará ocupar el agregado dentro del concreto, abarcando tanto la parte sólida como ciertos espacios vacíos sobre ellos. Al determinar la relación de poros en base a otros componentes en la mezcla, resulta crucial el conocimiento de las cantidades de espacios vacíos que se presentan dentro del concreto. A razón de calcular dicho punto para los agregados, se requiere el pesado del recipiente de volumen que ya es de conocimiento, lleno del árido. Logrando evidenciar grados de compactación modificadas del contenido de espacios vacíos, por ende, su peso unitario. Dado ello, la masa de los componentes impacta sobre el peso unitario, principalmente sobre sus formas. Si uno de los mismos agregados de las mismas rocas contiene mayores componentes angulares, su peso logrará ser mínimo en comparación con los cúbicos o redondos. En cierta medida, logra estar vinculado a la superficie del árido y las variaciones en las exigencias por estar suspendidos dentro del mezclado. Otro punto del cual influye en el peso logra ser los tamaños de partícula de los áridos; dado que tamaños uniformes resultará en un peso mayor en comparación con un agregado heterogéneo. Asimismo, un árido redondeado y liso alcanzará el peso específico superior a un árido áspero y angular.

Diseño de mezcla

Método ACI 211.1

En cuanto a la relación entre agua y cemento, el periodo definido por la norma ACI 211.1 (2002) establece las exigencias para el concreto. En referencia, al diseñar la mezcla del cual posee una resistencia igual a 210 kg/cm^2 , Kosmatka (2004) da a conocer sobre las particularidades del concreto consideradas al diseñar las mezclas:

Proporciones de los elementos: La relación adecuada entre los componentes fundamentales del concreto, logra ser uno de los medios esenciales a fin de lograr las características que se desean para el material final.

Criterios para la inclusión o exclusión de aditivos: La adición de aditivos al concreto puede tener un impacto significativo en sus propiedades y comportamiento.

Propiedades mecánicas después del endurecimiento: La resistencia del concreto después de su endurecimiento es un factor crítico que determina su capacidad para soportar cargas y cumplir con los requisitos estructurales.

Características físicas en estado fresco: Dichas características que abarcan los puntos de plasticidad y la consistencia, son aspectos clave que afectan la colocación y la manipulación del material durante la construcción.

Además, las regulaciones ACI 211 definen las siguientes etapas y criterios.

Etapas 1: Elección de la consistencia del concreto

- Identificar las propiedades de los materiales, incluyendo densidades, atributos físicos, niveles de humedad, absorción, dimensiones, finura, trabajabilidad y asentamiento.
- Los valores de referencia para los índices de trabajabilidad se determinan según el tipo de construcción; de manera similar, en casos de trabajo artesanal sin emplear vibrado en el concreto, estas mismas podrían aumentar en 2.5 cm.

Tabla 6

Niveles de asentamiento de acuerdo al tipo de edificación

Tipo de construcción	Asentamiento	
	Mínimo	Máximo
Concreto ciclópeo	1"	2"
Columnas de edificios	1"	4"
Vigas y muros armados	1"	4"
Cimentaciones simples, cajones y sub estructuras de muros	1"	3"
Zapatas y muros de cimentación armados	1"	3"
Losas y pavimentos	1"	3"

Nota. De “Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1)”, por ACI, 2002.

Etapa 2. Elección de la resistencia promedio requerida

- Establecer la resistencia necesaria al diseñar el concreto, basada dentro del $F'c$.
- Si no se dispone de los registros de las resistencias de las muestras ensayadas, se determinan las resistencias a través de la resistencia que logró ser promediada.

Tabla 7

Parámetros para calcular la resistencia de diseño

$f'c$ (kg/cm ²)	$f'cr$ (kg/cm ²)
<210	$f'cr + 70$
210 a 350	$f'cr + 84$
> 350	$f'cr + 98$

Nota. De “Diseño de mezclas”, por ICG, 2018.

Etapa 3. Determinar las dimensiones máximas de los agregados

- Seleccionar el volumen para las mezclas.
- Este aspecto está directamente vinculado a la aplicación específica del concreto, ya que diferentes proyectos y estructuras requieren diferentes cantidades de material.

- Los áridos elegidos tendrán que asegurar dimensiones apropiadas para evitar la formación de huecos (cangrejas) durante su colocación.
- Es vital asegurar que los áridos elegidos cumplan con dimensiones apropiadas para evitar la formación de huecos, también conocidos como cangrejas, durante la colocación del concreto.
- La correcta estimación del volumen no solo garantiza la eficiencia en el uso de los recursos, sino que también contribuye a la optimización de los costos asociados con la producción y colocación del concreto.

Tabla 8

Volumen especificado por medio del ACI

Asentamiento	Agua, en lt/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencias indicadas							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	62
Concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	.....
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	.....

Nota. De “Influencia del material fino que pasa por el tamiz N° 200” (p.85), por Guerrero y Hoyos (2020) (<https://bitly.cx/9ZYza>).

Etapa 4. Promedio de agua para mezclado y aire

- La mayor cantidad de aire sobre las mezclas, se logra de acuerdo a la cantidad porcentual de aire en las mezclas, esto logra influir sobre el concreto en su resistencia.
- El diseño de mezclas logra verse directamente afectado por la cantidad de aire presente en la mezcla, y esta variable logra influenciar de manera significativa sobre las propiedades y la resistencia del concreto resultante.

- La cantidad porcentual de aire en las mezclas es uno de los puntos cruciales sobre la capacidad del concreto, lo cual es especialmente relevante en climas fríos.
- Logra ser establecido la cantidad de aire según la NTP. 339.081.
- Logra ser establecido la proporción de concreto con agua guiado por la metodología ACI.
- El diseño preciso de la mezcla, guiado por normativas y metodologías reconocidas, asegura la consistencia y la calidad del concreto en diversas condiciones y aplicaciones.

Tabla 9

Relación A/C por el ACI

f'cr (28 días)	Relación A/C de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.35
450	0.38	0.30

Nota. De “Influencia en el diseño de mezcla y resistencia en concretos con la disminución del material fino pasante del tamiz N° 200 (ASTM)” (p.78), por Pacsi, 2018 (<https://bitly.cx/0s70>).

Etapas 5. Relación Agua – Cemento

- Se calcula el factor del cemento utilizando la fórmula adjunta.

$$F_{cm} = \frac{\text{Vol } h_2o}{\text{agua/cemento}}$$

Siendo: F_{cm} (factor de cemento) y Vol. h₂₀(volumen de agua)

Tabla 10

Relación agua – concreto establecida por medio del ACI

f'c (28 días)	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	Concreto con aire incorporado	Concreto sin aire incorporado
150	0.71	0.8
200	0.61	0.7
250	0.53	0.62
300	0.46	0.55
350	0.4	0.48
400	...	0.43
450	...	0.38

Nota. De “Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1)”, por ACI, 2002.

Etapa 6. Establecimiento de la proporción de cemento

- Calcular la proporción agregado grueso, agua, aire y cemento.
- El conocimiento preciso de la proporción de cada componente tiende a ser primordial para el alcance de las propiedades deseadas sobre el concreto final.
- Este cálculo implica considerar factores como la resistencia requerida, las condiciones ambientales del concreto.
- La relación entre el árido grueso, el agua, el aire y el cemento se establece de manera cuidadosa para optimizar la mezcla y garantizar su desempeño en condiciones específicas.
- Calcular la proporción de agregado y proporciones relacionadas a la masa del diseño patrón.
- La proporción de agregado es un aspecto crítico que afecta directamente la consistencia del componente.
- Este cálculo se realiza considerando la masa del diseño patrón, que sirve como referencia para establecer las proporciones óptimas de cada componente.

- La cuidadosa evaluación de la relación entre la masa del diseño patrón y la proporción de agregado contribuye a mantener la coherencia en las mezclas de concreto, asegurando resultados uniformes y predecibles.

Tabla 11

Determinación de proporciones brindadas por el ACI

Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
387/387	701.00/387	932.36/387	216/9.1
1	1.8	2.41	23.72

Nota. De “Influencia en el diseño de mezcla y resistencia en concretos con la disminución del material fino pasante del tamiz N° 200 (ASTM)” (p.79), por Pacsi, 2018 (<https://bitly.cx/0s70>).

Etapa 7. Volumen del agregado grueso

- Calcular la cantidad de árido grueso

Tabla 12

Peso del agregado en relación al volumen de concreto

Tamaño máx. nominal del Agreg. Gr.	Vol. del Agreg. Gr.			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8”	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2”	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4”	0.66	0.64	0.62	0.6
1”	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2”	0.76	0.74	0.72	0.7
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

Nota. De “Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1)”, por ACI, 2002.

Etapa 8. Establecimiento del volumen del agregado fino

- Se calcula teniendo en cuenta la proporción del cemento (100%). La cantidad empleada se conoce en correspondencia al volumen y peso absoluto.
- Finalmente, se establecen los diseños sobre las inclusiones en relación al árido fino.

Etapa 9. Adecuación de la mezcla debido a la humedad de los agregados.

- Este ajuste meticuloso se ejecuta a razón de alcanzar la consistencia deseada que cumpla con las exigencias específicas del proyecto.
- La humedad en el agregado fino – agregado grueso puede variar debido a factores climáticos, condiciones de almacenamiento o transporte, y la aptitud intrínseca de los propios agregados.
- La cabida de adaptarse a estas variaciones mediante la adecuación de la mezcla refleja la habilidad técnica y la atención minuciosa requerida en la producción de mezclas de alta calidad.
- La modificación de las proporciones de agua y agregados se realiza con un enfoque preciso para garantizar no solo la consistencia adecuada, sino también la durabilidad y resistencia final del material.
- La falta de ajuste en esta etapa podría resultar en mezclas defectuosas que no acaten con las exigencias de calidad deseados, lo que podría tener consecuencias negativas en la integridad estructural y el rendimiento a largo plazo de la construcción.
- Hace referencia a la modificación de las proporciones de agua y agregados con el fin de lograr la consistencia buscada sobre las mezclas.

$$\text{Humedad} \cong \text{Absorción}$$

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación logró ser aplicada con un enfoque explicativo y utilizó un diseño experimental, esto se debe a que posibilita evaluar las propiedades físicas y mecánicas al introducir cemento endurecido como agregado grueso con la finalidad de producir un concreto F'C 210 kg/cm².

De acuerdo con Ñaupas et al. (2018), el estudio se clasifica como aplicada, ya que proporciona una solución práctica a un problema existente. Además, se lleva a cabo con el propósito de mejorar o modificar el entorno de estudio.

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. *Ámbito temporal*

En la ejecución del estudio, se han tomado en cuenta datos correspondientes al período del año 2023. El proceso de recolección de datos abarcó un lapso de 3 meses, distribuido en 2 meses destinados a la realización de los ensayos y 1 mes dedicado al análisis detallado de los resultados obtenidos.

3.2.2. *Ámbito espacial*

El trabajo de investigación logró ser ejecutado dentro del Laboratorio y Control de Calidad en Obra de la ciudad de Lima - Perú

3.3. Variables

3.3.1. *Variable dependiente*

Propiedades físicas: Refieren a las características de las cuales logran ser identificadas a simple vista o mediante etapas de medición. Es importante destacar que no están directamente ligadas a la cantidad de la mezcla, sino más bien a la atención y cuidado dispensados a la misma (Ruiz y Barrios, 2018).

Propiedades mecánicas: Se refieren a aquellas características vinculadas del concreto a su comportamiento en su estado endurecido. Estos aspectos son fundamentales al diseñar del concreto su forma estructural (Ruiz y Barrios, 2018).

3.3.2. *Variable Independiente*

Cemento endurecido como agregado grueso: Abordan ser los residuos de las bolsas de cemento endurecido por la humedad de una obra de edificación.

3.4. Población y muestra

3.4.1. *Población*

Con base en lo planteado por Hernández y Mendoza (2018), la población a considerar se define como el conjunto global que engloba elementos con similitudes en sus características, propiedades u origen, y que será objeto de estudio en la investigación. En este contexto, la población específica para este trabajo de investigación está conformada por la producción de concreto mediante los diseños de mezcla que emplean cemento endurecido como agregado grueso, en relación con el rendimiento del concreto de 210 kg/cm² para el departamento de Lima.

3.4.2. *Muestra*

En conformidad a lo señalado por Hernández y Mendoza (2018), esta se define como cierta fracción representativa de la población, siendo un subgrupo que comparte las características esenciales a razón de llevar a cabo la investigación.

Por medio de la tabla siguiente se detalla la cantidad de ensayos realizados por medio del laboratorio, considerando las diversas proporciones de reemplazo (0%, 5%, 15%, y 25%) y los días de curado del mismo, que abarcan periodos de 7, 14 y 28 días. Se llevaron a cabo 36 ensayos con probetas cilíndricas y 24 ensayos con probetas de viga.

Tabla 13

Cantidad de ensayos de Resist. a la Compres al concreto $F'C= 210 \text{ kg/cm}^2$

% de reemplazo con agregado reciclado	Días de curado			Cantidad de probetas
	7	14	28	
0%	3	3	3	9
5%	3	3	3	9
15%	3	3	3	9
25%	3	3	3	9
Total, de ensayos				36

Tabla 14

Cantidad de ensayos de Resist. a la Flex. del concreto $F'C= 210 \text{ kg/cm}^2$

% de reemplazo con agregado reciclado	Días de curado			Cantidad de probetas
	7	14	28	
0%	2	2	2	6
5%	2	2	2	6
15%	2	2	2	6
25%	2	2	2	6
Total, de ensayos				24

3.5. Instrumentos

3.5.1. Instrumentos metodológicos o de recolección de datos

Para el estudio lograron ser recolectados los datos sobre el área de estudio. Tomando en consideración al Manual de prueba de materiales del MTC, la norma NTP 339.035 – 2009, al igual que las normas NTP 339.034, ASTM C39 y NTP 339.078.

Las herramientas empleadas al recolectar los datos abarcaron ser las que logran permitir la obtención de la data a fin de ser procesada para el alcance de los resultados según el objetivo establecido por medio de la investigación (Hernández et al., 2020).

- Ficha técnica N° 1 – Variable 1: Trabajabilidad
- Ficha técnica N° 2 – Variable 2: Densidad

- Ficha técnica N° 3 – Variable 3: Resistencia a la compresión
- Ficha técnica N° 4- Variable 4: Resistencia a la flexión

3.5.2. Validación de los instrumentos

La validación de cada instrumento logró ser ejecutado por medio del juicio de expertos, las cuales las fichas pasaron por un medio de revisión en base a 3 especialistas expertos en la investigación, ellos evaluaron cada ficha entre una punta desde 0 a 1, alcanzando el promedio superior a 0.5 a razón de que las mismas sean validadas.

3.6.Procedimientos

Continuando con ello, se presentan los periodos ejecutados a razón de obtener cada resultado en donde se muestran las adiciones del 0%, 5%, 15% y 25% de cemento endurecido que reemplaza parcialmente al agregado grueso representadas en D0, D1, D2 y D3. Además, en la tabla siguiente se tienen las dosificaciones para cada diseño.

Tabla 15

Cuantificación de materiales por diseño

Diseño	Cemento	Agua	Ag. fino	Ag. grueso	Agregado grueso (cemento endurecido)
D0	100 %	100 %	100 %	100%	0%
D1	100 %	100 %	100 %	95%	5%
D2	100 %	100 %	100 %	85%	15%
D3	100 %	100 %	100 %	75%	25%

1er periodo. Recolectar materiales para elaborar un concreto reciclado

Fue recolectado bolsas de cemento afectados por una inadecuada protección con una antigüedad a 1 año, este material se tomó de las edificaciones que se están construyendo en el distrito de la Molina, departamento de Lima-Perú. A su vez, logró ser comprado el agregado grueso y fino por volumen, además de bolsas de cemento para elaborar y diseñar la mezcla.

Figura 16

Recolección de cemento endurecido

**Figura 17**

Cemento endurecido



2do periodo. Tratamiento del cemento endurecido

El cemento endurecido recolectado se ha llevado a un laboratorio, en el cual se ha dividido en partes, para luego llevarlo a un bowl de aluminio y tritararlo de forma manual.

Seguido se tamiza por las mallas 4", 3 ½", 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", ⅜", #4, #8, #16, #30, # 50 y #100 para así obtener el agregado grueso por medio del cemento endurecido idóneo. Y finalmente se dividen en cantidades de acuerdo a los porcentajes solicitados que son el 5%, 15% y 25%.

Figura 18

Cemento endurecido



3er periodo. Ensayo de materiales de laboratorio

Posterior a la obtención del cemento endurecido, este se fragmenta en trozos a fin de utilizarlo como agregado grueso.

Luego, se efectuaron estudios de granulometría, ensayo de peso unitario, peso específico, ensayo de absorción, contenido de humedad y ensayo de material fino para el AG, el AF y el agregado de cemento endurecido.

Granulometría

✓ Granulometría de los agregados

La granulometría estuvo dentro de las exigencias de la norma NTP 400.012 y la ASTM C 136, dicho ensayo es usado a razón de preparar el concreto, del cual es necesario para ver la forma del agregado que se va adicionar a la mezcla, la cual forma parte del 75% del volumen total del concreto.

En donde los equipos y materiales empleados fueron la balanza y diversos tamices, incluyendo tamices para el agregado grueso con aberturas de 3, 2, 1½, 1, ¾, ½ pulgada y #4, así como tamices para el árido fino con aberturas numeradas: N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y N° 200.

En el desarrollo, logró ser ejecutado el zarandeo de los agregados sobre las muestras, luego de ello se procedió al pesado de materiales retenidos en los tamices utilizados.

✓ Granulometría del agregado fino

Para agregados finos se alcanzó un módulo de fineza igual a 2.860, cantidad porcentual que logra pasar por la malla 100 igual a 7.820% mostrado por medio de la tabla adjunta.

Tabla 16

Agregado fino – granulometría

AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 18 - ARENA GRUESA							ASTM	ASTM
Malla		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	"LIM INF"	"LIM SUP"	
4"	100.00 mm					100.00	100.00	
3 1/2"	90.00 mm					100.00	100.00	
3"	75.00 mm					100.00	100.00	
2 1/2"	63.00 mm					100.00	100.00	
2"	50.00 mm					100.00	100.00	
1 1/2"	37.50 mm					100.00	100.00	
1"	25.00 mm					100.00	100.00	
3/4"	19.00 mm					100.00	100.00	
1/2"	12.50 mm					100.00	100.00	
3/8"	9.50 mm				100.00	100.00	100.00	
# 4	4.75 mm	20.2	3.32	3.32	96.68	95.00	100.00	
# 8	2.36 mm	66.0	10.87	14.19	85.81	80.00	100.00	
# 16	1.18 mm	137.0	22.57	36.76	63.24	50.00	85.00	
# 30	600 µm	152.4	25.11	61.87	38.13	25.00	60.00	
# 50	300 µm	97.0	15.98	77.85	22.15	5.00	30.00	
# 100	150 µm	87.0	14.33	92.18	7.82	0.00	10.00	
Fondo	-	47.5	7.82	100.00	0.00	-	-	
						MF	2.86	
						TMN	---	

Figura 19

Curva granulométrica del agregado fino

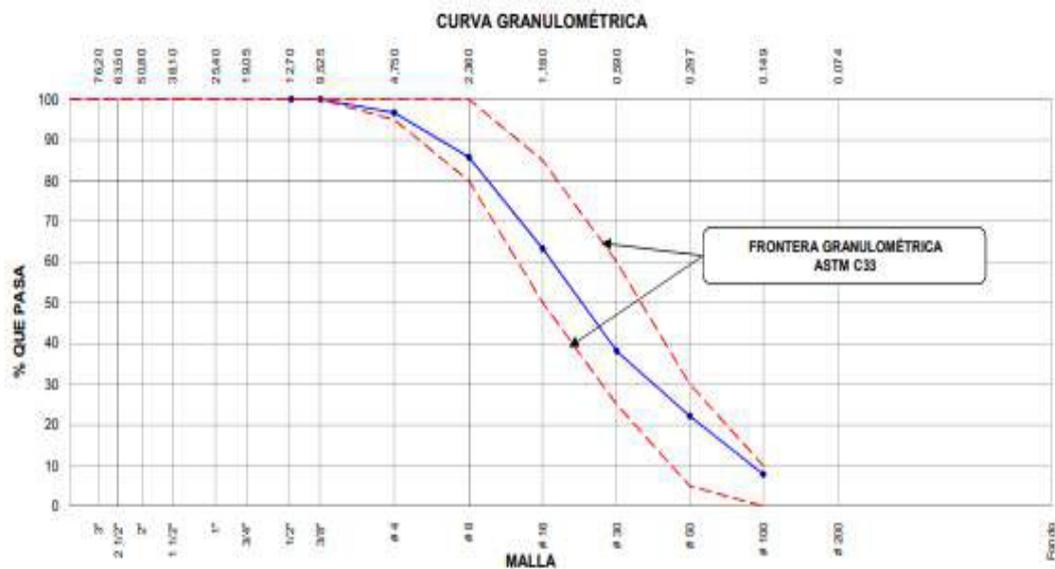


Figura 20

Granulometría del agregado fino



✓ Granulometría del agregado grueso

Se calculó el módulo de fineza igual a 6.890, con una cantidad porcentual que logra pasar por la malla #4 igual a 2.250%, ello se detalla por medio de la tabla adjunta.

Tabla 17

Agregado grueso - granulometría

ABERTURA DE TAMICES Marco de 8" de diámetro		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	Especificación	
Nombre	mm					Mínimo	Máximo
4 in'	100.00 mm					100.00	100.00
3 1/2 in	90.00 mm					100.00	100.00
3 in	75.00 mm					100.00	100.00
2 1/2 in	63.00 mm					100.00	100.00
2 in	50.00 mm					100.00	100.00
1 1/2 in	37.50 mm				100.00	100.00	100.00
1 in	25.00 mm	310.0	7.74	7.74	92.26	90.00	100.00
3/4 in	19.00 mm	1115.0	27.84	35.58	64.42	40.00	85.00
1/2 in	12.50 mm	1710.0	42.70	78.28	21.72	10.00	40.00
3/8 in	9.50 mm	510.0	12.73	91.01	8.99	0.00	15.00
No. 4	4.75 mm	270.0	6.74	97.75	2.25	0.00	5.00
No. 8	2.36 mm	90.0	2.25	100.00		0.00	0.00
No. 16	1.18 mm					0.00	0.00
No. 30	600 µm					0.00	0.00
No. 50	300 µm					0.00	0.00
No. 100	150 µm					0.00	0.00
No. 200	75 µm					0.00	0.00
< No. 200	< No. 200					-	-
						MF	6.89
						TMN	1"

Figura 21

Curva granulometría del agregado grueso

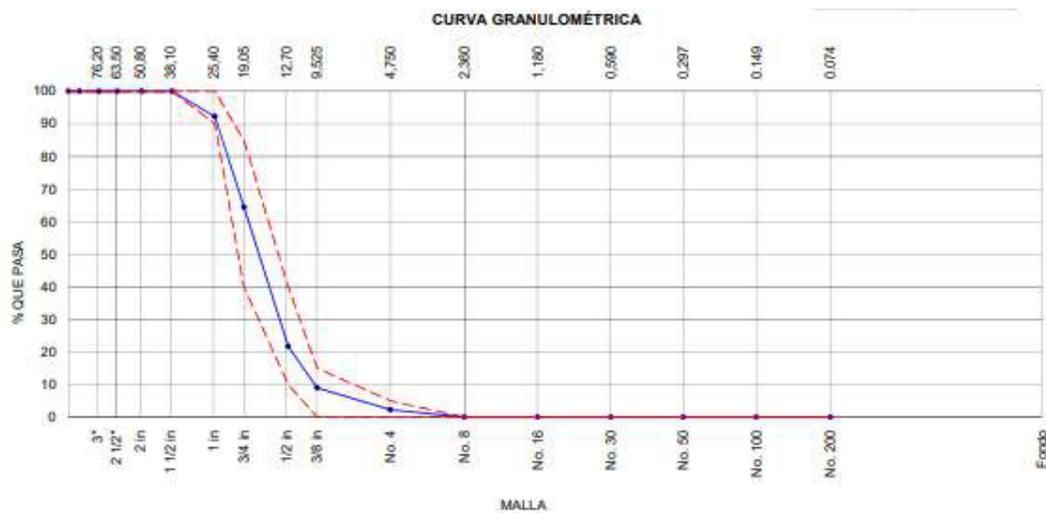


Figura 22

Granulometría del agregado grueso



✓ Granulometría del agregado grueso de cemento endurecido

Se determinó un módulo de fineza igual a 6.78, con un valor porcentual que logra pasar por la malla #16 igual a 0.380% ello se observa por medio de la tabla adjunta.

Tabla 18

Agregado grueso de cemento endurecido – granulometría

AGREGADO GRUESO ASTM C33/C33M - 18 - HUSO # 56							
Malla		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm					100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm					100.00	100.00
3"	75.00 mm					100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm					100.00	100.00
2"	50.00 mm					100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.00 mm	430.0	16.35	16.35	83.65	90.00	100.00
3/4"	19.00 mm	634.0	24.11	40.46	59.54	40.00	85.00
1/2"	12.50 mm	898.0	34.14	74.60	25.40	10.00	40.00
3/8"	9.50 mm	356.0	13.54	88.14	11.86	0.00	15.00
# 4	4.75 mm	128.0	4.87	93.00	7.00	0.00	5.00
# 8	2.36 mm	139.0	5.29	98.29	1.71	0.00	0.00
# 16	1.18 mm	35.0	1.33	99.62	0.38	0.00	0.00
# 30	600 µm						
# 50	300 µm						
# 100	150 µm						
Fondo	-	10.0		100.00	0.00	-	-
						MF	6.78
						TMN	---

Figura 23

Curva granulometría del agregado grueso de cemento endurecido

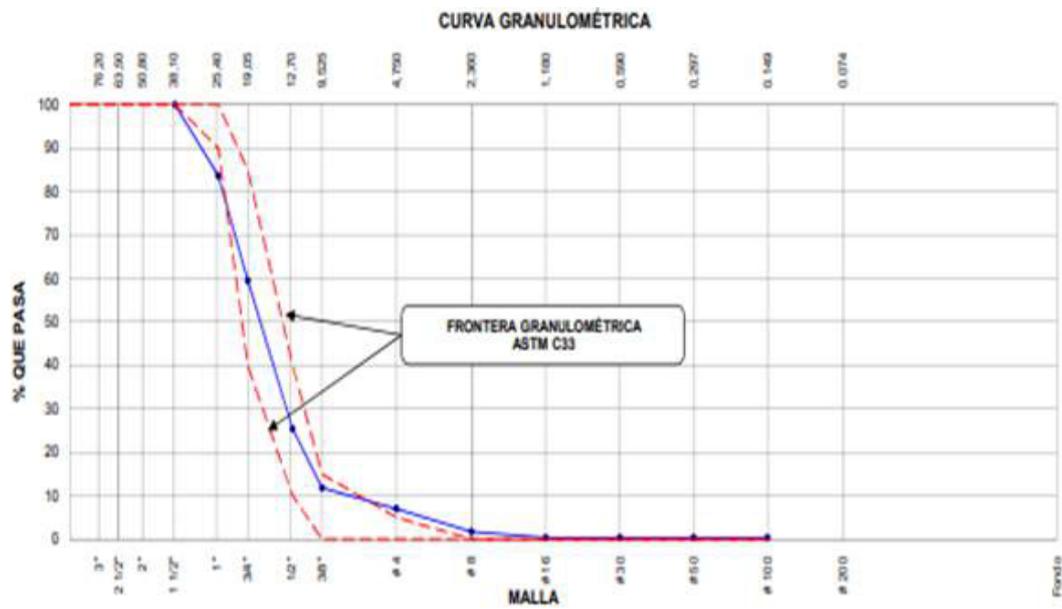


Figura 24

Granulometría del cemento endurecido



Contenido de humedad

Se realiza conforme con las normas NTP 339.185 y ASTM C 566-97. Este procedimiento incluye la selección de la muestra, la pesada inicial de la mismo, su secado en un horno y, finalmente, la fracción pesada después del secado (MTC, 2016).

Continuando con ello, logra ser presentada la fórmula para el cálculo del ensayo.

$$p = \frac{100(W - D)}{D}$$

Siendo: “P” el total de humedad, “W” el peso de la muestra húmeda y “D” el peso de muestra seca.

Se registró una crecida del contenido porcentual de humedad en el AG de cemento endurecido, alcanzando un valor del 16.800%, según se presenta por medio de la figura adjunta.

Figura 25

Porcentaje de contenido de humedad de los agregados

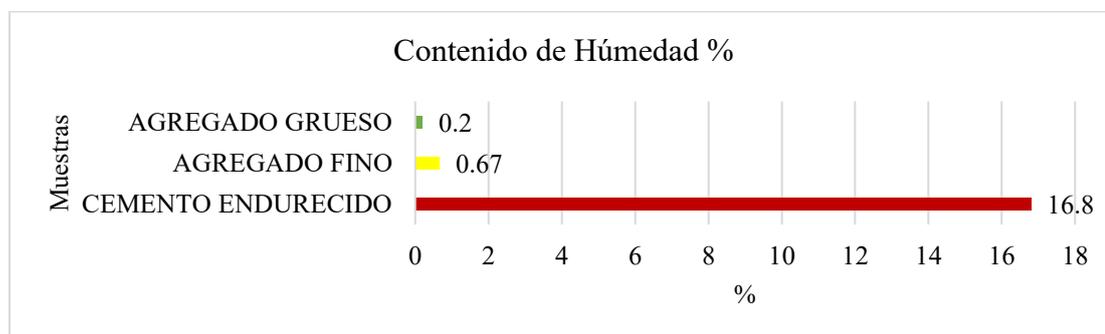


Tabla 19

Humedad de los agregados

Ítem	Contenido de humedad %
Cemento endurecido	16.8
Agregado fino	0.67
Agregado grueso	0.2

Ensayo de absorción y peso específico

✓ Ensayo de absorción y peso específico de agregado fino

Dicho ensayo se ejecuta para AF, conforme a la norma NTP 400.022 y ASTM C128-15, se realiza introduciendo una muestra de 500 gramos en un frasco y llenándolo con agua a una temperatura promedio igual a 23 mayor o menor de 2 °C hasta del alcance de los 500cm³. Tras eliminar las esferas de aire por medio de las vibraciones externas, se determina el peso en su totalidad del frasco con la fracción y agua. Luego, logra ser extraído el AF del frasco, se seca en la estufa y se evalúa su peso después de un período de enfriamiento (MTC, 2016).

A fin de conocer el peso específico de masa se da en base a la fórmula adjunta:

$$Pe_m = \frac{W_0}{(V - V_a)} \times 100$$

Siendo: (Pe_m) el peso específico de masa, (W_0) el peso del aire del ejemplar extraído en horno, (V) volumen de recipiente en cm³ y (V_a) el peso en gramos.

A fin de conocer el P.E. de masa saturada (Pe_{sss}) se da por medio de la fórmula adjunta:

$$Pe_{sss} = \frac{500}{(V - V_a)} \times 100$$

A fin de conocer el peso específico aparente (Pe_a) se da por medio de la fórmula adjunta:

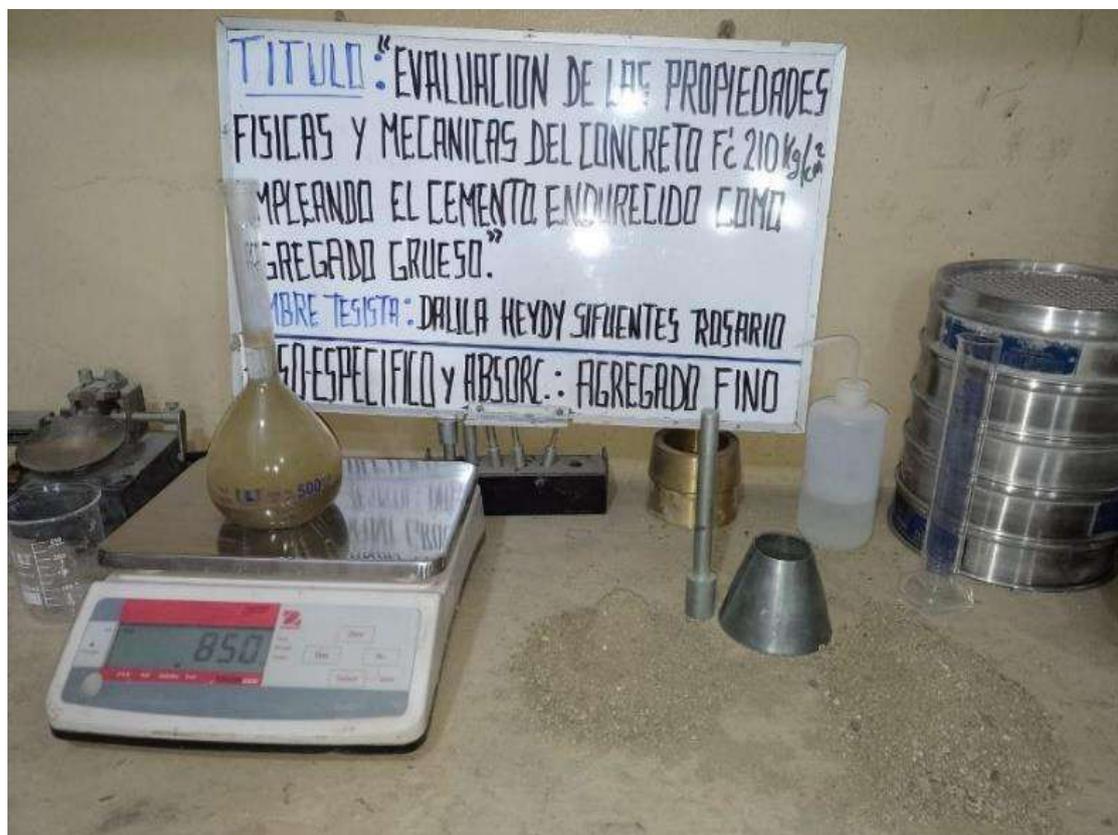
$$Pe_a = \frac{W_0}{(V - V_a) - (500 - W_0)} \times 100$$

A fin de conocer la absorción (Ab) se da por medio de la fórmula adjunta:

$$A_b(\%) = \frac{(500 - W_0)}{(W_0)} \times 100$$

Figura 26

Peso específico y absorción del agregado fino



✓ Ensayo de absorción y peso específico de agregado grueso y agregado grueso de cemento endurecido.

Se ejecuta en correspondencia a las normas NTP 400.021 y ASTM C127-15.

Por medio del proceso, la muestra se seca inicialmente, ventilándola aproximadamente 3 horas. Luego, logra ser sumergida en agua dentro de 4 horas, extrayendo la muestra después de este periodo para finalmente permitir que se seque en pedazos de mayor tamaño.

Posterior a ello, se consigue el peso de la fracción muestral bajo las normas en condición por saturación con superficies secas de aproximadamente 0.50 g y un 0.050% del peso de las muestras. Después se posiciona en una cesta de malla de alambre y logra ser conocido su peso en agua. Finalizando, logra ser secada a temperatura ambiente la fracción (MTC, 2016).

A fin de conocer el peso específico se da por medio de la fórmula adjunta.

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

Siendo: (P_{em}) el Peso específico de masa, (B) el peso de muestra saturada, (A) muestra seca y (C) peso del agua de la muestra saturada.

A fin de conocer el peso específico de masa saturada (P_{ess}) se da contemplando la fórmula adjunta.

$$P_{ess} = \frac{B}{(B - C)} \times 100$$

A fin de conocer el peso específico aparente (P_{ea}) se da contemplando la fórmula adjunta:

$$P_{ea} = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

A fin de conocer la absorción (A_b) se da por medio de la fórmula adjunta:

$$A_b(\%) = \frac{(B - A)}{(A)} \times 100$$

Figura 27

Peso específico y absorción del cemento endurecido

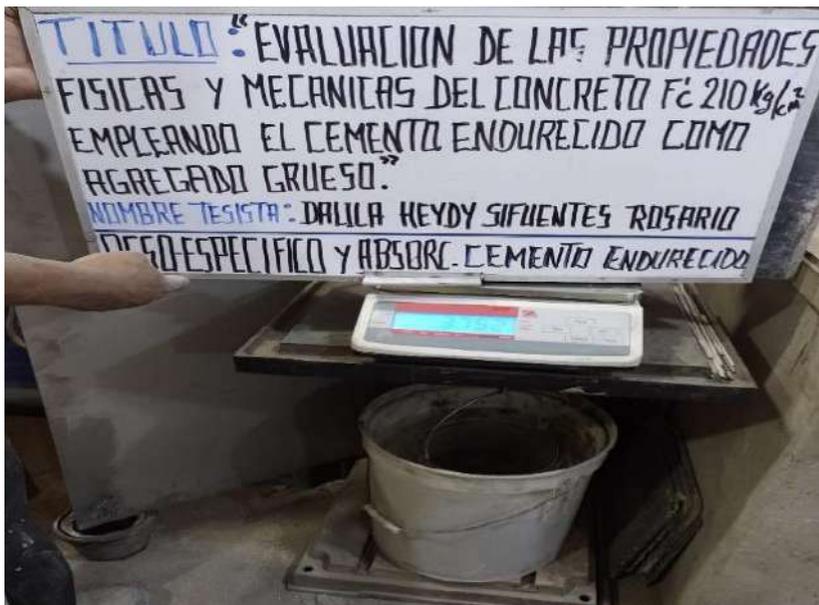
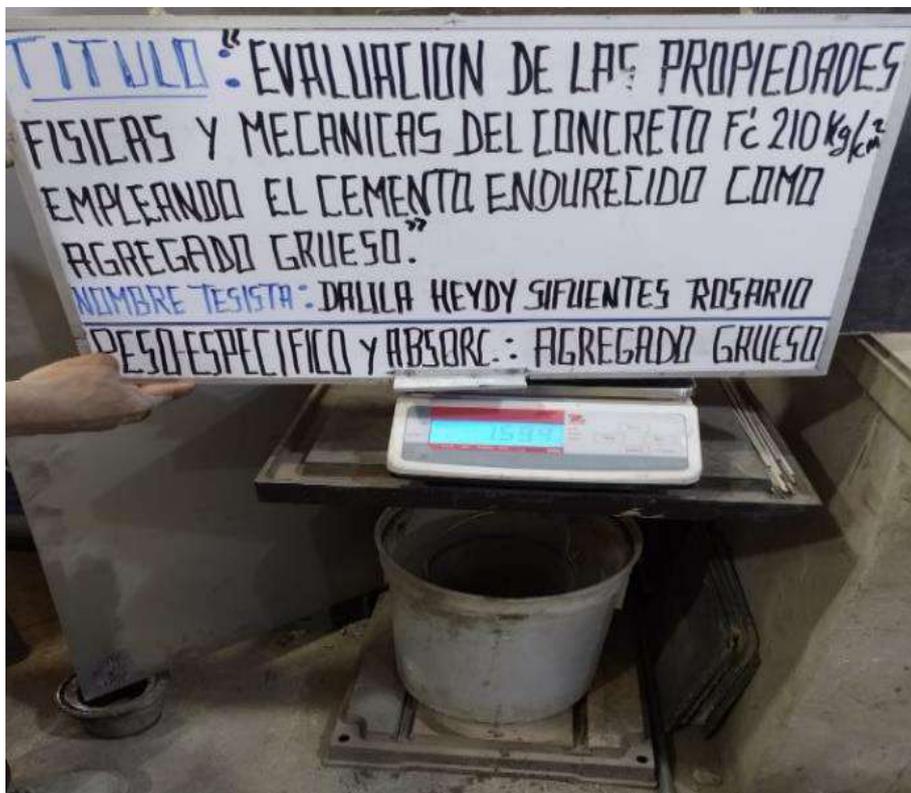


Figura 28

Peso específico y absorción del agregado grueso



En la prueba, se evalúa el peso específico y el porcentaje de absorción del agregado grueso, agregado fino y del cemento endurecido. Los resultados obtenidos muestran un valor equivalente a 2.790 kg/m^3 para el cemento, 2.770 kg/m^3 respecto al agregado fino y 2.860 kg/m^3 respecto al agregado grueso. En cuanto a la absorción, se registró un 27.690% para el cemento, 1.5% para el agregado fino y 1.14% para el agregado grueso.

Tabla 20

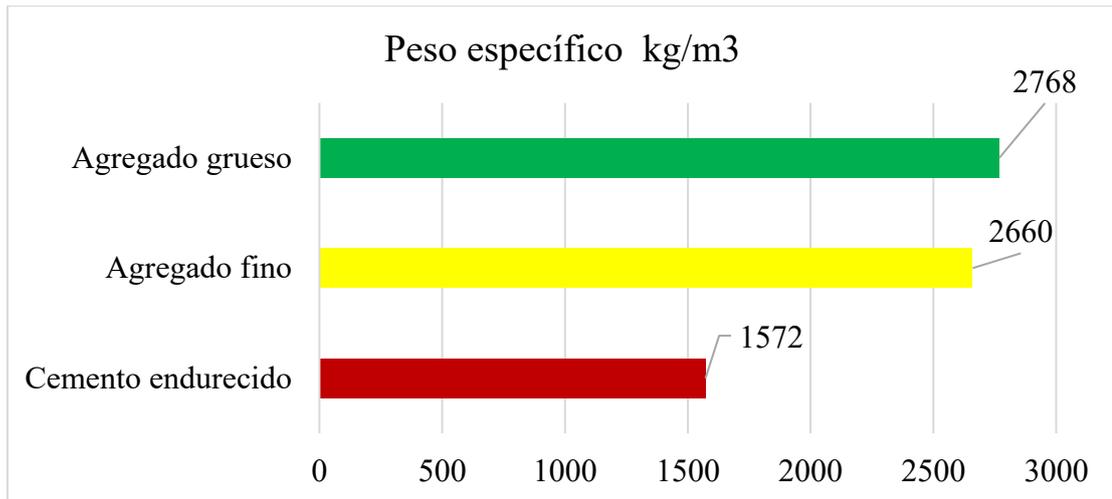
Peso específico y absorción del cemento endurecido, agregado fino y agregado grueso

Ítem	Peso específico kg/ m^3	Absorción
Cemento endurecido	1572 kg/ m^3	27,69%
Agregado fino	2660 kg/ m^3	1,50%
Agregado grueso	2768 kg/ m^3	1,14%

Aquí, el agregado grueso exhibe el peso específico más alto entre los diferentes tipos de agregados debido a que es un componente que proviene de la desintegración de rocas, como se presenta por medio de la figura adjunta.

Figura 29

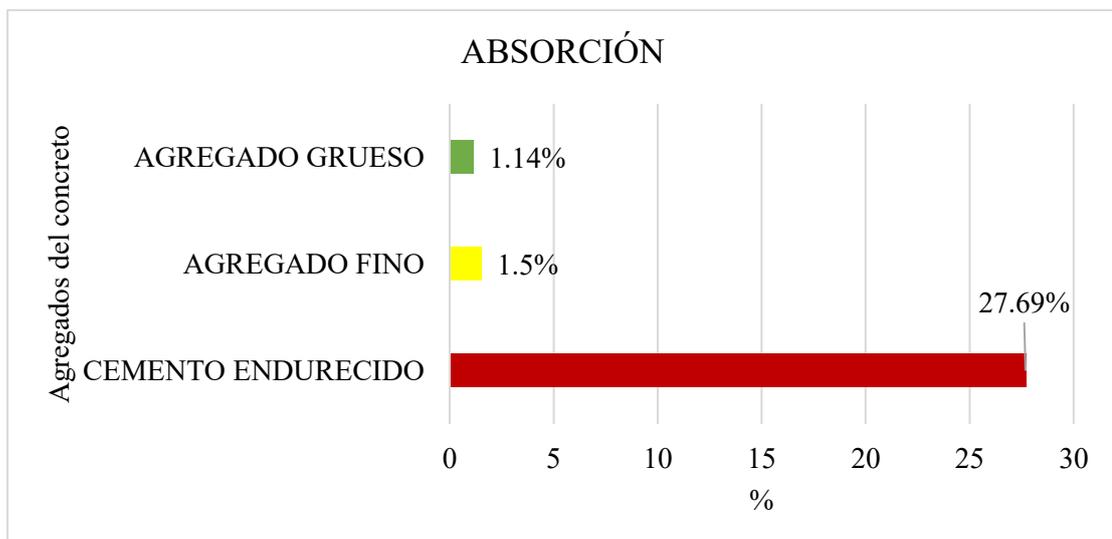
Peso específico de los agregados



Respecto al agregado de cemento endurecido presentó porcentaje de absorción más alto debido a que es una estructura porosa, como se presenta por medio de la figura adjunta.

Figura 30

Absorción de los agregados



Ensayo del peso unitario de los agregados

✓ Ensayo de peso unitario de agregado fino de cemento endurecido, agregado fino y agregado fino.

Por medio del ensayo ejecutado en correspondencia a la norma NTP 400.017. Los instrumentos necesarios para llevar a cabo este ensayo incluyen una balanza, un recipiente de medida, planchas de vidrio de "6" y de "5", un palo manual y varillas compactadoras.

Para calcular el peso unitario suelto se tiene que rellenar un recipiente con cuchara en donde se descarga el agregado contemplando alturas no mayores a 50 mm hasta que llegue a rebosar el recipiente, luego se elimina el agregado que sobra por medio de la regla y finalmente se evalúa el peso del recipiente más la fracción contenida con el peso del recipiente en el cual se usa la formula adjunta.

$$M = (G - T) \times F$$

M= Peso unitario kg/m³

F= Factor de recipiente de medida m³

T= Peso de recipiente de medida kg

G= Peso de recipiente de medida kg

En cuanto el peso unitario compactado, logra ser ejecutado el método apisonado donde el cual se llena un tercio del recipiente con el agregado, luego se apisona la capa por medio de 25 golpes de varilla, posterior a ello se llenan 2/3 volviendo a emparejar y apisonando, para que finalmente se llene el recipiente hasta el ras.

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

M= Peso unitario kg/m³

V= Volumen de recipiente de medida en un m³

T= Peso de recipiente de medida kg

G= Peso de recipiente de medida kg

A fin de conocer el porcentaje de vacíos se emplea la fórmula adjunta:

$$\% \text{ Vacío} = \frac{(A * W) - B}{A * W}$$

Siendo: (A) el peso aparente, (W) el Peso unitario. y (W) la densidad de agua

Figura 31

Peso unitario del agregado fino



Figura 32

Peso unitario del agregado de cemento endurecido



Luego de la ejecución de los ensayos se alcanzó un peso suelto de cemento endurecido de 954 kg/m³, agregado fino de 1645 kg/m³ y AG de 1467 kg/m³ y un eso compactado de 1130 kg/m³, 1801 kg/m³ y 1602 kg/m³ respectivamente como se exhibe por medio de la tabla adjunta.

Tabla 21

Peso unitario de los agregados

Ítem	Peso suelto kg/m ³	Peso compactado kg/m ³
Cemento endurecido	954	1130
Agregado fino	1645	1801
Agregado grueso	1467	1602

Ensayo de material fino del tamiz N°200

En la realización del ensayo, se sigue la normativa NTP 400.018 y se utilizan herramientas como la estufa, tamices (#16 y #200), recipiente y balanza.

El procedimiento consiste en llevar la muestra al horno para secarse, posterior a ello, tomar otra de las porciones de la muestra y tamizarla con el tamiz 200. Posteriormente, se vierte agua en la muestra que logra pasar por medio del tamiz 200, agitarla y vertiendo el agua de lavado dentro del tamiz inicial. Este proceso se repite hasta que el agua tiende a salir clara, finalmente, el material que se retiene por medio del tamiz se traslada al horno para su secado y finalizando con el pesado de la misma (MTC, 2016).

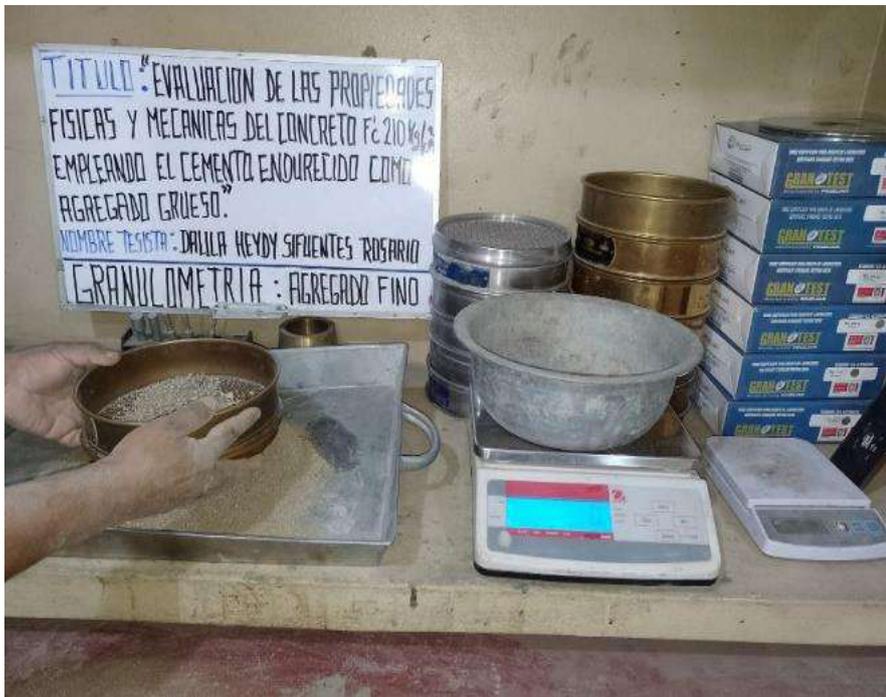
A fin de conocer el material fino se emplea la ecuación adjunta.

$$A = \frac{B - C}{B} * 100$$

Siendo: “A” el % de material que pasa por el tamiz, “B” el Peso seco de la muestra sin lavado, “C” el peso de la muestra seca después de lavar.

Figura 33

Ensayo del material fino



3er periodo. Diseño de mezcla

Respecto a la configuración de la mezcla se consideró la regulación ACI 211, con el propósito de crear un concreto de $f'c$ 210 kg/cm^2 , llevando a cabo en total cuatro esquemas de mezcla teniendo en consideración valores porcentuales de; 0%, 5%, 15% y 25% de adición de cemento endurecido.

Continuando con ello, se muestran los procesos a seguir a fin de llevar a cabo al diseñar la mezcla conforme al American Concrete Institute (2002).

Resistencia $f'c$: 204

Asentamiento: 2"-4"

Agua: 193 L

Relación agua/cemento (a/c): 0.56

Cemento: 346 kg

Factor: 0.1 bolsa

Paso 1: Datos del agregado para diseño**Tabla 22***Datos de los agregados*

Insumo	Peso específico	Volumen absoluto
Cemento sol tipo I	3150 kg/m ³	0.1098 m ³
Agua	1000 kg/m ³	0.1930 m ³
Aire		0.0150 m ³
Aditivo	0	
Agregado grueso	2768 kg/m ³	
Agregado fino	2660 kg/m ³	
Cemento endurecido	1572 kg/m ³	

Paso 2: Proporción de los materialesAF: 787.8 kg/m³AG: 1068.5 kg/m³**Paso 3: Corrección por humedad de los materiales**

AG: 1070.7 kg

Cemento endurecido: 0.0 kg

AF: 793.1 kg

Paso 4: Agua efectiva corregida por absorción y humedad

Agua total de diseño: 210 L

Paso 5: Volumen para tanda de prueba

Cemento sol tipo I: 29.400 Kg

Agua: 17.81 lt

Aditivo: 0.00 lt

Agregado grueso: 91.01 kg

Cemento Endurecido: 0.00 kg

Agregado fino: 67.41 kg

Paso 6: Obtención de dosificaciones

En el lugar dentro del cual se ejecutó el proceso de configuración de la mezcla previamente mencionado sobre el concreto estándar, en base a la inclusión del 5%, 15% y 25% de agregado grueso de cemento endurecido, ello se detalla por medio de la tabla adjunta.

Tabla 23

Diseños de mezcla para diferentes porcentajes

Diseño de mezcla	Cemento	Agregado Fino	%	Agregado Grueso	%	Cemento endurecido	Agua
Patrón	346 kg	793.10 kg		1071 kg		0	210 l
5%	346 kg	753.8 kg	4.96%	1017 kg	5.04%	62.40 kg	215 l
15%	346 kg	675.1 kg	14.88%	910 kg	15.03%	187.2 kg	225 l
25%	346 kg	596.5 kg	24.79%	803 kg	25.02%	312.01 kg	235 l

En la tabla anterior se exhibió cierta disminución de la cantidad de agregados debido al incremento de los porcentajes de adición del agregado grueso de cemento endurecido.

Figura 34

Volumen de materiales



Figura 35*Diseño de mezcla***5to periodo. Asentamiento del concreto (Slump)**

Se evalúa la manejabilidad del concreto, la cual está regulada por las normativas NTP 339.035 y ASTM C143. Se necesitan elementos de ayuda correspondientes al cono de Abrams, varilla de acero, cinta métrica, cucharón y base metálica (MTC, 2016).

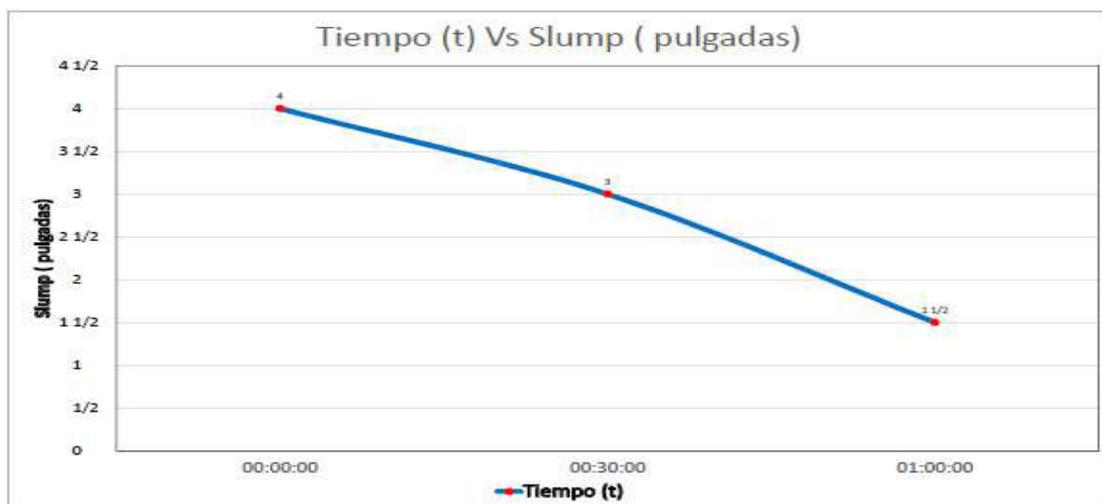
El método a seguir implica el llenado del cono en tres etapas, donde la primera capa se coloca hasta alcanzar 1/3 de su capacidad y se compacta por medio de 25 golpes de varilla, proceso que se repite para la segunda y tercera capa. Posteriormente, logra ser retirado el cono y, finalmente, tiende a ser medido el asentamiento del concreto con una cinta métrica (MTC, 2016).

Figura 36*Asentamiento del concreto patrón***Figura 37***Asentamiento del concreto con agregado grueso de cemento endurecido al 25%*

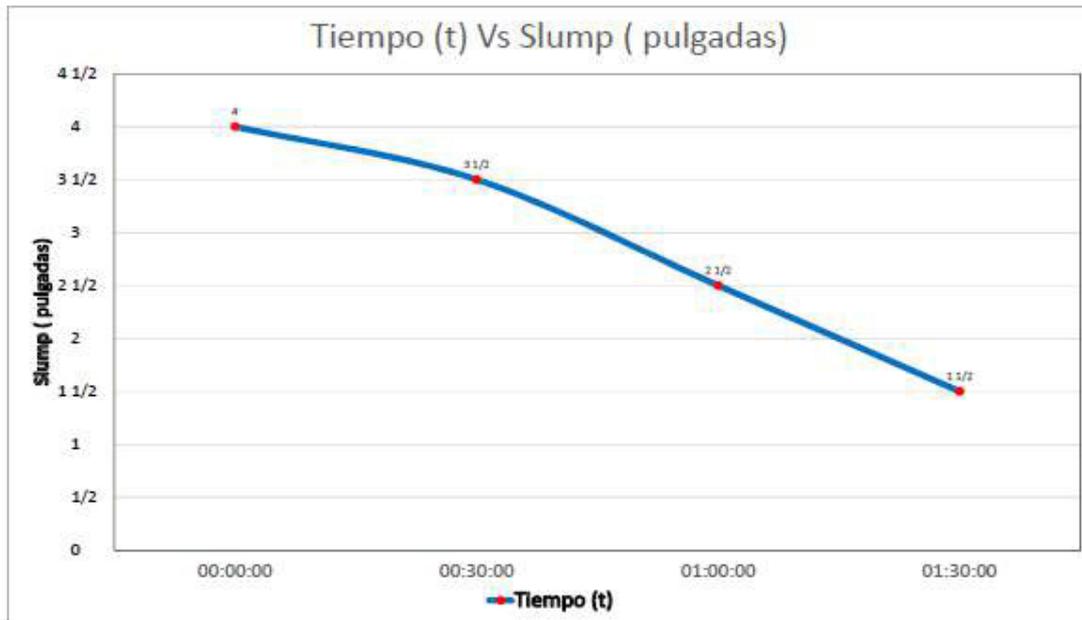
En donde se obtuvieron los siguientes datos después de realizar el ensayo con el patrón y las diferentes incorporaciones de agregado grueso de cemento endurecido.

Tabla 24*Trabajabilidad del patrón*

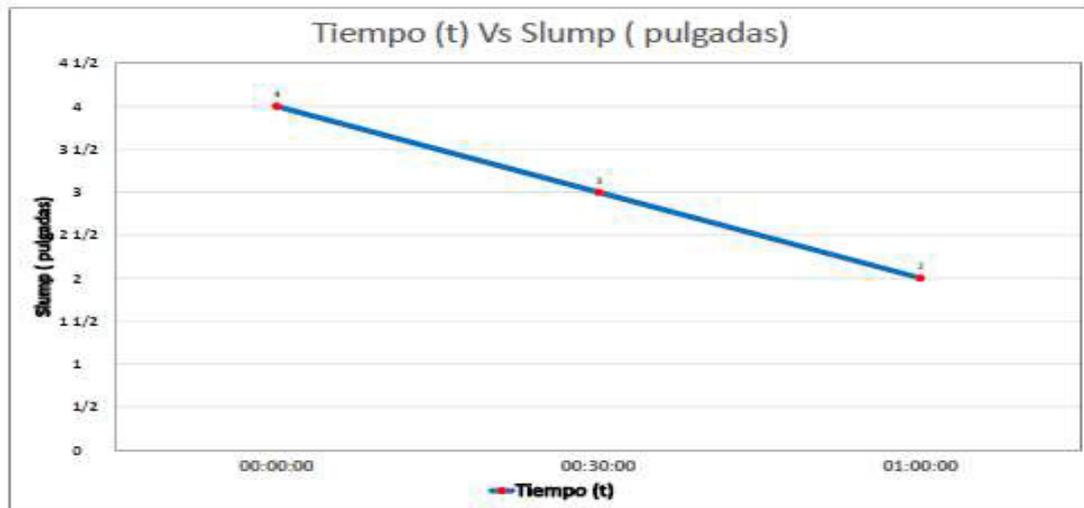
IDENTIFICACIÓN	HORA (HH:MM:SS)	TIEMPO TRANSCURRIDO (HH:MM)	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	TEMPERATURA CONCRETO (°C)	SLUMP (Pulg)
DISEÑO PATRON D-1	10:21:00	00:00:00	70.0%	22.10	22.9	4
	10:51:00	00:30:00	71.0%	22.10	22.6	3
	11:21:00	01:00:00	72.0%	22.20	22.4	1 1/2

Figura 38*Gráfico de trabajabilidad del patrón***Tabla 25***Trabajabilidad del 5%*

IDENTIFICACIÓN	HORA (HH:MM:SS)	TIEMPO TRANSCURRIDO (HH:MM)	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	TEMPERATURA CONCRETO (°C)	SLUMP (Pulg)
DISEÑO REEMPLAZO 5% C. E. D-2	10:48:00	00:00:00	72.0%	22.10	22.8	4
	11:18:00	00:30:00	72.0%	22.20	22.6	3 1/2
	11:48:00	01:00:00	73.0%	22.30	22.6	2 1/2
	12:18:00	01:30:00	72.0%	22.30	22.6	1 1/2

Figura 39*Gráfico de trabajabilidad del 5%***Tabla 26***Trabajabilidad del 15%*

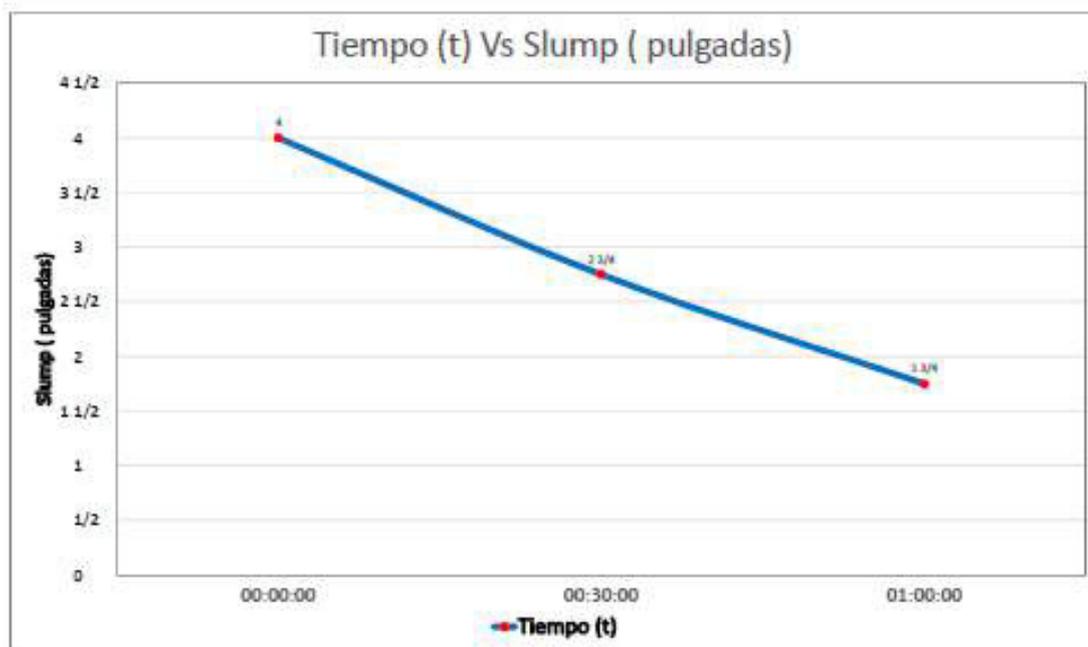
IDENTIFICACIÓN	HORA (HH:MM:SS)	TIEMPO TRANSCURRIDO (HH:MM)	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	TEMPERATURA CONCRETO (°C)	SLUMP (Pulg)
DISEÑO REEMPLAZO 15% C.E. D-3	11:14:00	00:00:00	72.0%	22.10	22.8	4
	11:44:00	00:30:00	72.0%	22.20	22.7	3
	12:14:00	01:00:00	72.0%	22.20	22.6	2

Figura 40*Gráfico de trabajabilidad del 15%***Tabla 27***Trabajabilidad del 25%*

IDENTIFICACIÓN	HORA (HH:MM:SS)	TIEMPO TRANSCURRIDO (H:MM)	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	TEMPERATURA CONCRETO (°C)	SLUMP (Pulg)
DISEÑO REEMPLAZO 25% C.E. D-4	12:07:00	00:00:00	72.0%	22.20	22.9	4
	12:37:00	00:30:00	72.0%	22.30	22.8	2 3/4
	13:07:00	01:00:00	71.0%	22.20	22.6	1 3/4

Figura 41

Gráfico de trabajabilidad del 25%



6to periodo. Densidad del concreto

El PUCF es el peso unitario del concreto fresco el cual se calcula a partir del ensayo del ASTM C-138 y permite determinar mediante fórmulas, el contenido de aire, contenido de cemento y el rendimiento del concreto. Este último logra ser definido por medio del volumen del concreto que se produce partiendo de la mezcla en base a cantidades conocidas de materiales.

Este ensayo admite obtener información sobre las propiedades del concreto fresco. Se lleva a cabo a razón de controlar la calidad de la mezcla en circunstancias donde se considere necesario.

Para el desarrollo del ensayo se requiere una balanza, varilla pisón, vibrador, recipiente para medición, placa de enrase y mazo. En donde una vez obtenida la muestra de la mezcladora o de una batida de concreto fresco se procede a colocar la tercera parte de la muestra, seguido

se compacta y se dan 25 golpes realizando este procedimiento en tres capas, después se enrasa la muestra para que quede a 3mm del recipiente metálico y finalmente se lleva a pesar.

En donde se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{PUCF} = (\text{MC} - \text{MM}) / \text{VM}$$

PUCF= Peso unitario de concreto fresco

MC=Peso del recipiente + muestra (g)

MM=Peso del recipiente

VM=volumen del molde.

De acuerdo al diseño de mezcla se obtuvieron las siguientes densidades para el concreto patrón y determinados porcentajes.

Tabla 28

Densidad de mezcla de concreto

Características físicas de la mezcla de concreto kg/m ³		
D0	Patrón	2387
D1	5%	2394
D2	15%	2344
D3	25%	2304

7mo periodo. Preparar y curar vigas y testigos de concreto

En dicha fase, se rige por las normativas NTP 339.183 y la normativa global ASTM C192. Se especifica que los moldes utilizados tendrán que ser acerados y antes de su empleo, es necesario recubrirlos con aceite mineral o por aceites separadores de encofrado. Además, las varillas requeridas tendrán que ser lisas, con un diámetro igual a 5/8" y una longitud igual a 60 cm. Se emplea un mazo de goma con un peso equivalente a 0.800 o 0.600 kg, junto con otros instrumentos que abarcan ser un depósito, plancha y badilejo (MTC, 2016).

Figura 42

Agregados para el diseño de mezcla

**Figura 43**

Elaboración del diseño de mezcla



Elaboración de especímenes

Por tanto, para la preparación del espécimen se hace uso de la normativa NTP 339.183 -2013 en donde la operación implica colocar la mezcla en el molde por medio de tres capas, luego se elimina el excedente o se completa lo que falte. Es importante destacar que en las capas debe compactarse por medio de 25 golpes utilizando una varilla. Después de ello, al estar el molde lleno, se le otorgan 10 golpes de lado a lado con un martillo de goma a fin de alcanzar la liberación de posibles burbujas de aire. Es crucial observar que no deben transcurrir más de 15 minutos durante la realización de la muestra. En donde se realizaron un total de 36 testigos de concreto en donde fueron 3 muestras para cada adición de 7,14 y 28 días.

Figura 44

Elaboración del diseño de mezcla



De igual forma, se tendrá que volver a proporcionar el protocolo para la fabricación de vigas de cemento con la distinción de que el encofrado para la viga convencional tendrá que presentar una sección transversal equivalente a 150 mm x 150 mm y un ancho de elevación superior a los 150 mm (MTC, 2016). En donde se realizó un total de 24 vigas de concreto la cual consta de 3 muestras por cada adición a los 7,14 y 28 días.

Figura 45

Molde para viga de concreto

**Figura 46**

Molde para viga de 5% de cemento endurecido



Desmoldado

Las muestras se desmoldan tras un lapso de alrededor de 18 a 24 horas después de haber sido coladas. Posteriormente, se procede a señalar el nombre en la zona circular de la probeta o viga con el objetivo de identificarla. A continuación, se inicia el proceso de curado (MTC, 2016).

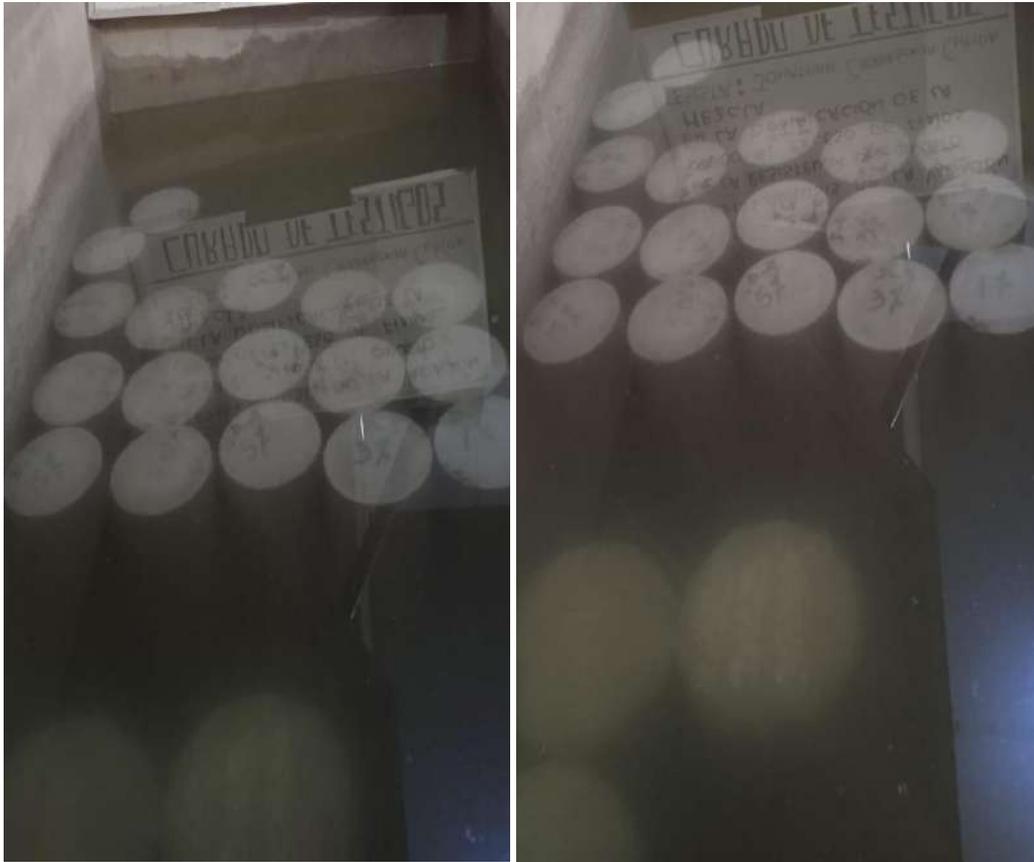
Figura 47

Desmoldado de probetas



Curado

Luego de efectuar el retiro de las muestras de sus moldes, se lleva a cabo el proceso de curado en un plazo inferior a los 30 minutos. Las muestras se sumergen en agua a una temperatura equivalente a 25°C, manteniendo estas condiciones durante períodos de 7, 14 y 28 días para el curado respectivo (MTC, 2016).

Figura 48*Curado de concreto***ETAPA 8. Ensayo de la resistencia a la compresión.**

Está regida por las normativas NTP 339.04 y la estadounidense ASTM C39-39M-2005, utilizando una máquina de compresión como equipo. El procedimiento comienza retirando las muestras del agua después dentro de los 7, 14 y 28 días, llevándolas directamente al ensayo. Posterior a ello, se posiciona el bloque de carga menor encima de la plataforma e inferiormente al bloque, asegurándose de que logren estar alineados correctamente. A continuación, se aplica la velocidad de carga y, se finaliza con el proceso de registro de la carga alcanzada posterior a la fractura de la muestra (MTC, 2016).

A fin de conocer la Resistencia a la Compresión se divide el límite máximo de carga soportado por la muestra en el transcurso del ensayo, logrando ser expresado el resultado bajo la proximidad de unos 0.10 MPa (MTC, 2016).

En caso que el vínculo que existe sobre la dimensión del testigo y su diámetro logra ser inferior o igual a 1,75 se tendrá que reescribir el resultado por medio de la multiplicación por medio del factor apto para el cual se observa en la tabla adjunta:

Tabla 29

Factores – Cálculo del $f'c$

L/D	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

Nota. Del “Manual de ensayo de materiales”, por MTC, 2016 (<https://bit.ly/3ALoAzN>).

Cuando sea necesario, se realiza el cálculo de la densidad de la muestra.

$$densidad = \frac{w}{v}$$

Siendo “w” es una masa aparente de la muestra sumergida (lb), “V” volumen de la muestra en (m³)

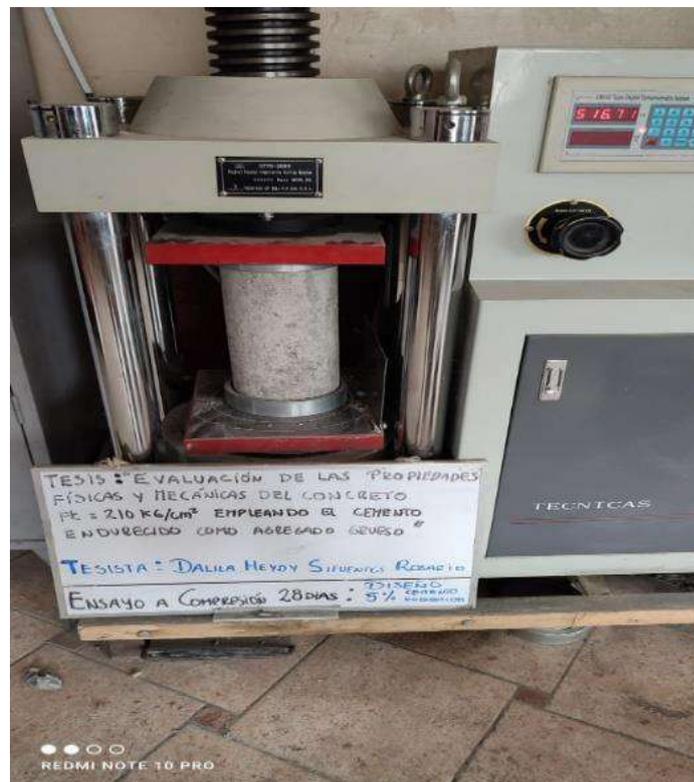
A fin de conocer el volumen se emplea la fórmula adjunta.

$$v = \frac{w - w_s}{\gamma_w}$$

Siendo “W” la masa de la muestra y “ γ_w ” la densidad del agua.

Figura 49

Ensayo de resistencia a la compresión del 5% de agregado de cemento endurecido

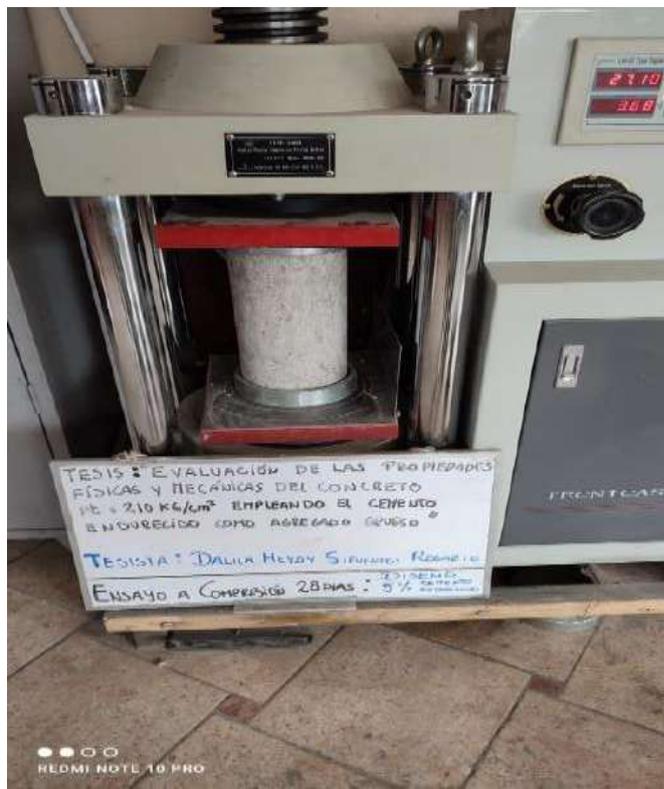
**Figura 50**

Ensayo de resistencia a la compresión del 15% de agregado de cemento endurecido



Figura 51

Ensayo de resistencia a la compresión del 5% de agregado de cemento endurecido



9no periodo. Ensayo de la resistencia a la flexión

El ensayo se lleva a cabo en las vigas de concreto y está regido por las normativas NTP 339.059, MTC E 711 y la normativa estadounidense ASTM C 42.

Posterior al retiro de las muestras del agua, se procede a realizar el ensayo en el que la viga se coloca por medio de la máquina, se centran los bloques de carga sobre los apoyos y se ejerce una carga que oscila desde el 3% y el 6% de la carga final exigida (MTC, 2016).

A fin de realizar el cálculo de la resistencia a flexión se emplea la fórmula adjunta:

$$R = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Siendo “R” es la resistencia a flexión,” L” la longitud de luz, “b” el ancho y “d” la altura promedio.

Figura 52*Viga de concreto***Figura 53***Resistencia a la flexión con adición del 15%*

Figura 54

Resistencia a la flexión con adición del 25%



10mo periodo: Comparación de la trabajabilidad

A fin de recopilar información sobre la trabajabilidad de cada porcentaje, se debe realizar el ensayo empleando el cono de Abrams cuando el concreto está fresco. Posteriormente, los valores alcanzados se transfieren a Excel, donde se establecen las relaciones entre los asentamientos de acuerdo a los diseños de mezcla.

11avo periodo: Comparación de la Resistencia a la compresión

A fin de alcanzar la información sobre la Resistencia a la compresión de los porcentajes, es esencial haber realizado el ensayo cuando el concreto está en estado endurecido y ha pasado por un periodo de curado, generalmente a los 7, 14 y 28 días. Posteriormente, los datos adquiridos se trasladan a Excel y se contrastan las fortalezas de cada composición de mezcla.

Tabla 30*Resistencia a la compresión a los 28 días*

Ítem	Muestra	28 días	Resistencia a la compresión 28 días (kg/cm ²)	%
D0	1	274	264.67 kg/cm ²	
	2	255		
	3	265		
D1	1	273	276.00 kg/cm ²	4.11%
	2	276		
	3	279		
D2	1	279	279.67 kg/cm ²	5.67%
	2	284		
	3	276		
D3	1	281	287.33 kg/cm ²	8.56%
	2	295		
	3	286		

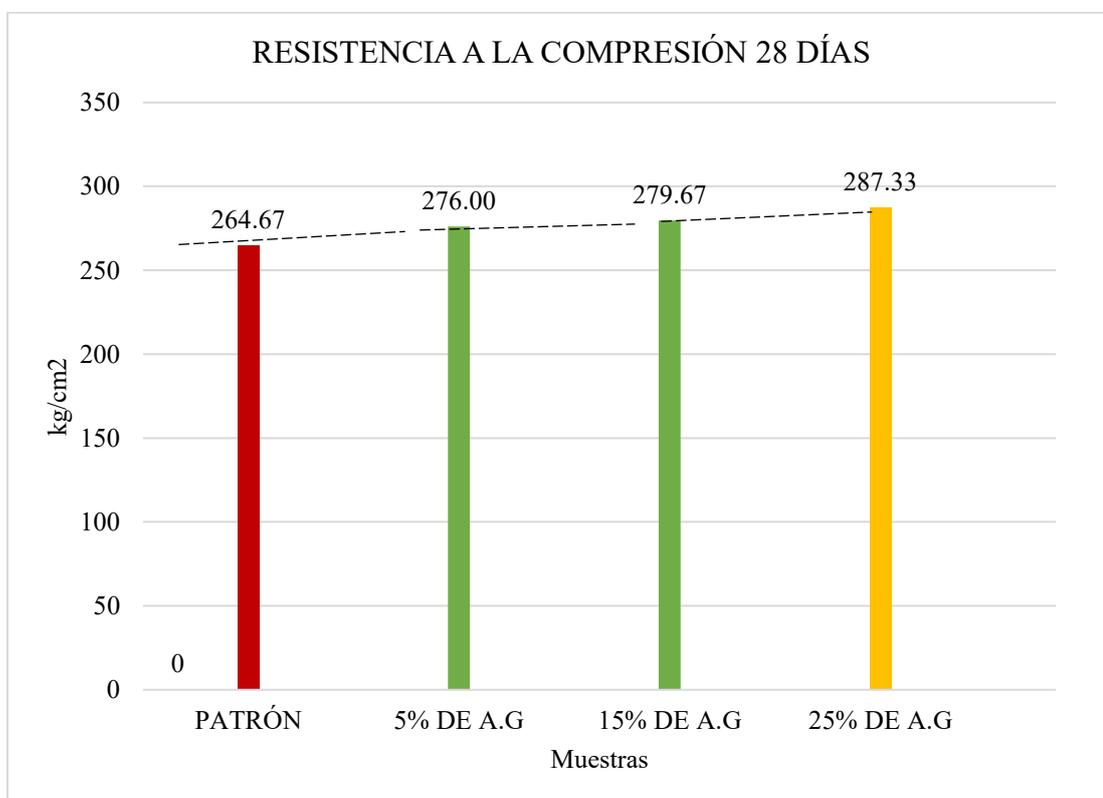
Figura 55*Resistencia a la compresión de los 28 días*

Figura 56

Resistencia a la compresión con adición del 25% a los 7 días



Figura 57

Resistencia a la compresión con adición del 25% a los 14 días



Figura 58

Resistencia a la compresión con adición del 25% a los 28 días

**12avo periodo: Comparación de la Resistencia a la flexión**

A fin de alcanzar la información sobre la resistencia a la flexión de cada proporción, es esencial haber realizado el ensayo cuando el concreto está en estado endurecido y ha pasado por un periodo de curado, comúnmente a los 7, 14 y 28 días. Posteriormente, los datos adquiridos se trasladan a Excel y se cotejan las resistencias de cada configuración de mezcla.

Tabla 31

Tabla de resistencia a la flexión 28 días

Ítem	Muestra	28 días	Resistencia a la flexión 28 días (kg/cm ²)	%
D0	1	63	63.55 kg/cm ²	
	2	64.1		
D1	1	65.8	65.55 kg/cm ²	3.15%
	2	65.3		
D2	1	68	67.90 kg/cm ²	6.85%
	2	67.8		
D3	1	68	68.95 kg/cm ²	8.50%
	2	69.9		

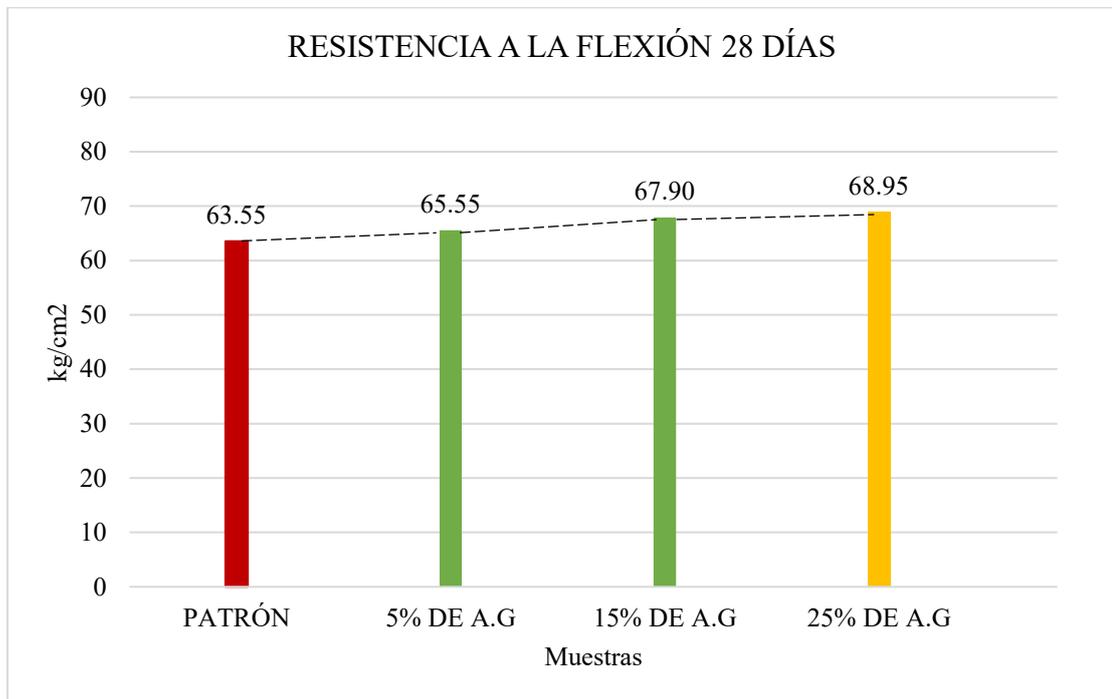
Figura 59*Resistencia a la flexión a los 28 días***Figura 60***Resistencia a la flexión con adición del 15% a los 7 días*

Figura 61

Resistencia a la flexión con adición del 15% a los 14 días

**Figura 62**

Resistencia a la flexión con adición del 15% a los 28 días



Figura 63

Resistencia a la flexión



3.7. Análisis de datos

Los hallazgos se proporcionaron con el respaldo de los lineamientos para este tipo de estudio y el procesamiento de información mediante el programa Microsoft Excel. De igual forma, se efectuó por medio de unos análisis descriptivos con tablas, gráficos de barras, en los cuales se expusieron los resultados.

3.8. Consideraciones éticas

Las consideraciones éticas constituyen un pilar fundamental para un investigador, donde se establece el compromiso de cumplir y respetar la normativa técnica peruana, así como los procedimientos establecidos para los ensayos basados en fuentes y documentación fidedigna. Es relevante destacar que esta indagación se adhiere a los fundamentos de independencia, competencia profesional, preservación del entorno, integridad de las personas, responsabilidad, transparencia, además de no causar daño alguno.

IV. RESULTADOS

Por medio de este capítulo se muestran los resultados conseguidos de los objetivos planteados al desarrollar la investigación.

✓ Impacto del cemento endurecido en la trabajabilidad

La trabajabilidad se desarrolla bajo la norma ASTM C 143, en donde se tomó en cuenta un diseño de mezcla $f'c$ 210 kg/cm² donde se consiguió para el concreto D0 a los 0 minutos un asentamiento de 4", para luego de los 30 minutos 3" y después de 30 minutos más se obtuvo 1 ½", seguido para el D1 a los 0 minutos un asentamiento de 4", para luego de los 30 minutos 3 ½" y después de 30 min más se obtuvo 2 ½", seguido para el D2 a los 0 minutos un asentamiento de 4", para luego de los 30 minutos 3" y después de 30 min más se obtuvo 2" y para el D3 a los 0 minutos un asentamiento de 4", para luego de los 30 minutos 2 ¾" y después de 60 min se obtuvo 1 ¾".

Tabla 32

Trabajabilidad en el tiempo del concreto

Tiempo	Patrón	D1	D2	D3
0 minutos	4"	4"	4"	4"
30 minutos	3"	3 ½"	3"	2 ¾"
60 minutos	1 ½"	2 ½"	2"	1 ¾"

Interpretación: La trabajabilidad de los resultados obtenidos se encuentra dentro de las 2" hasta las 4" la cual es considerada una consistencia plástica, por lo que puede tomar la forma del molde en donde se agregue como se exhibe por medio de la tabla 30.

Tabla 33*Variación del patrón con respecto a las adiciones*

Porcentaje de variación del patrón con respecto al cemento endurecido			
Min / porcentaje	D1	D2	D3
30 minutos	16.67%	0.00%	-8.33%
60 minutos	66.67%	33.33%	16.67%

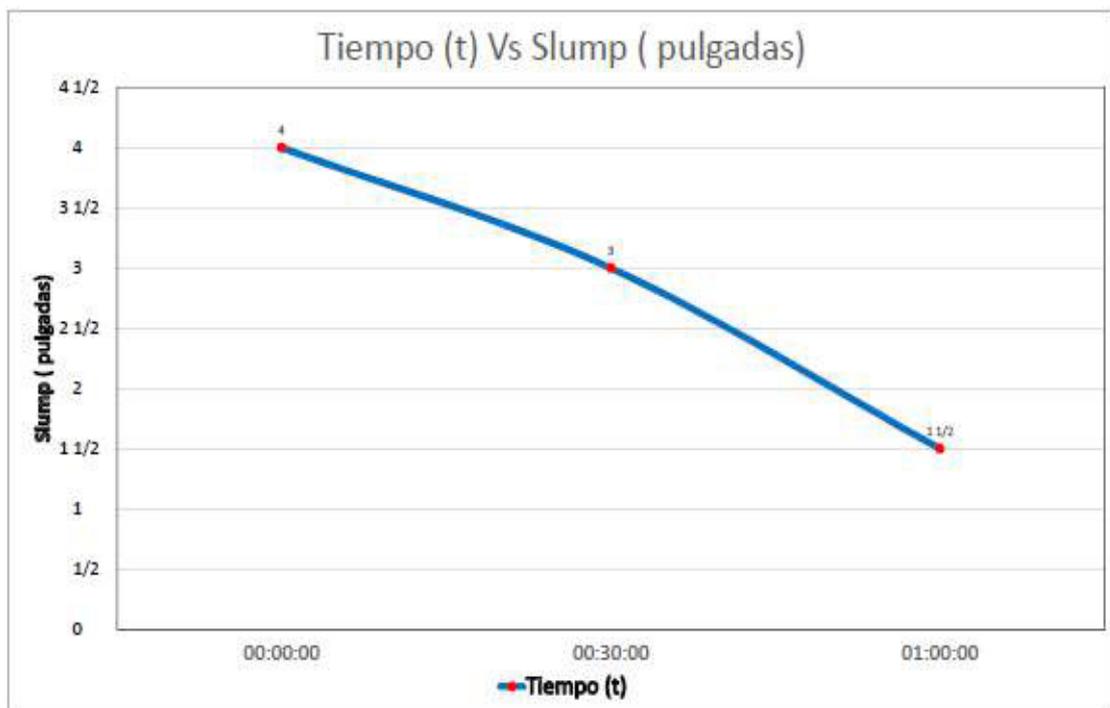
Figura 64*Gráfico de trabajabilidad D0*

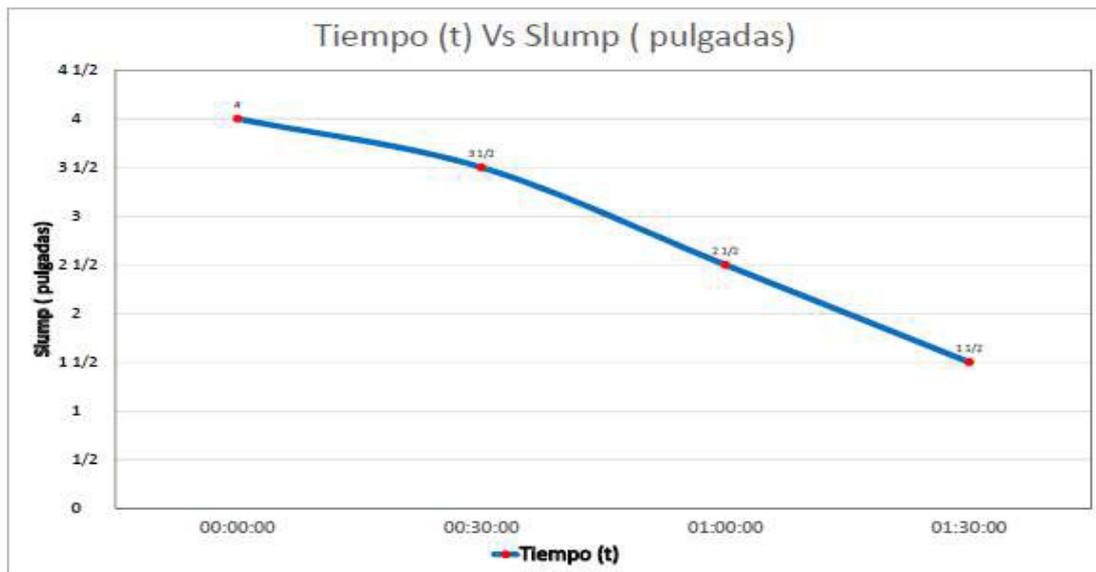
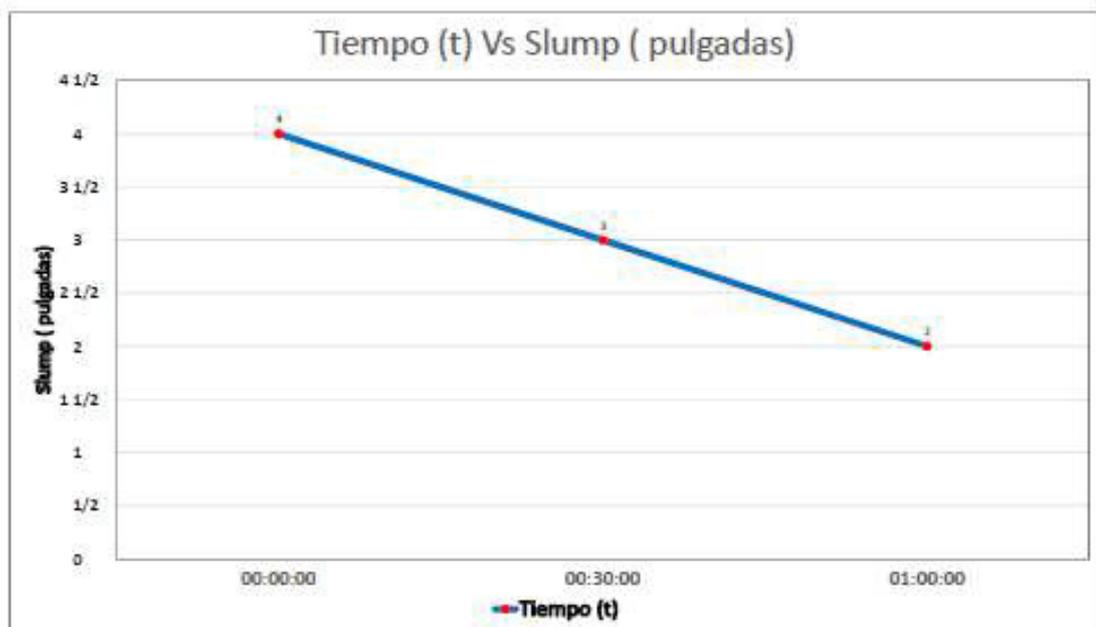
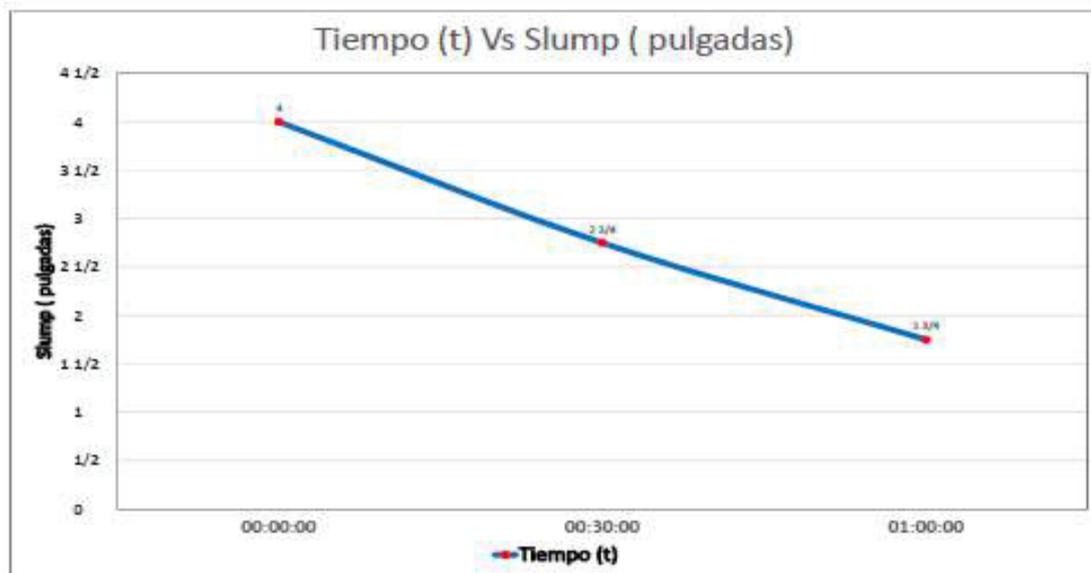
Figura 65*Gráfico de trabajabilidad del D1***Figura 66***Gráfico de trabajabilidad del D2*

Figura 67

Gráfico de trabajabilidad del D3



Interpretación: Según la tabla 30 y 31 y las figuras 64, 65, 66 y 67 se logra observar que las trabajabilidades disminuyen en todas las dosificaciones con respecto al patrón, la D1 presenta una caída en los 30 minutos de 16.67% y en los 60 minutos de 66.67%, la D2 presenta una caída en los 30 minutos de 0.00% y en los 60 minutos de 33.33% y la D3 presenta una caída en los 30 minutos de 8.33% y en los 60 minutos de 33.33%. Se determina que la D1 mantiene un asentamiento superior después de los 60 minutos a diferencia de las otras dosificaciones, por lo tanto, favorece tener un concreto más trabajable debido a que facilita su colocación y manipulación durante la construcción, mejorando la calidad y durabilidad de las estructuras.

✓ **Densidad del concreto PUCF**

Este ensayo presenta diferentes densidades de acuerdo a los diferentes diseños de mezcla desde el D0, D1, D2, D3 en donde se obtuvo un Peso Unitario del Concreto Fresco (PUCF) 2387 kg/m³, 2344 kg/m³, 2333 kg/m³ y 2304 kg/m³ respectivamente.

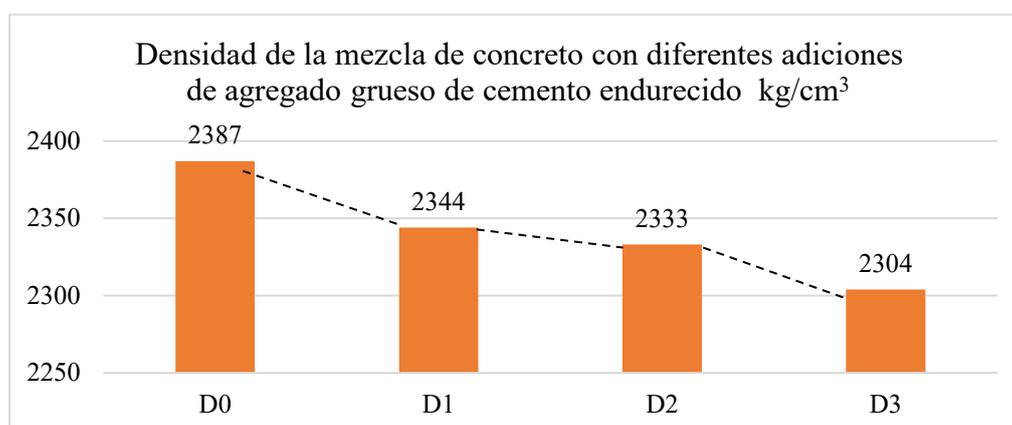
Tabla 34

Densidad de mezcla de los diseños de mezcla con diferentes incorporaciones

Ítem	% Agregado grueso de cemento endurecido	PUCF kg/m ³	El porcentaje
D0	0 %	2387	
D1	5%	2344	-1.80%
D2	15%	2333	-2.26 %
D3	25%	2304	-3.48%

Figura 68

Densidad de la mezcla de concreto



Interpretación: Por medio de la tabla 32 y la figura 68 se puede observar que las densidades disminuyen en todas las dosificaciones con respecto al patrón de 2387 kg/cm², la D1 de 2344 kg/m² presenta una caída de 1.80%, la D2 con 2333 kg/m³ presenta una disminución de 2.26% y la D3 con 2304 kg/m³ disminuye un 3.48%. Se determina que la D3 presenta una menor densidad a diferencia de las otras, por tanto, favorece tener un concreto con baja densidad debido a que se vuelve más liviano, ya que existe una menor masa en un mayor espacio.

✓ **Influencia del cemento endurecido en la Resistencia Compresión.**

Se hizo el ensayo en base a las normas NTP 339.034 y ASTM C339 dentro de los 7, 14 y 28 días con las muestras patrón, D1, D2 y D3 de agregado grueso de cemento endurecido.

Resistencia a la compresión por diseño a la edad de 7 días

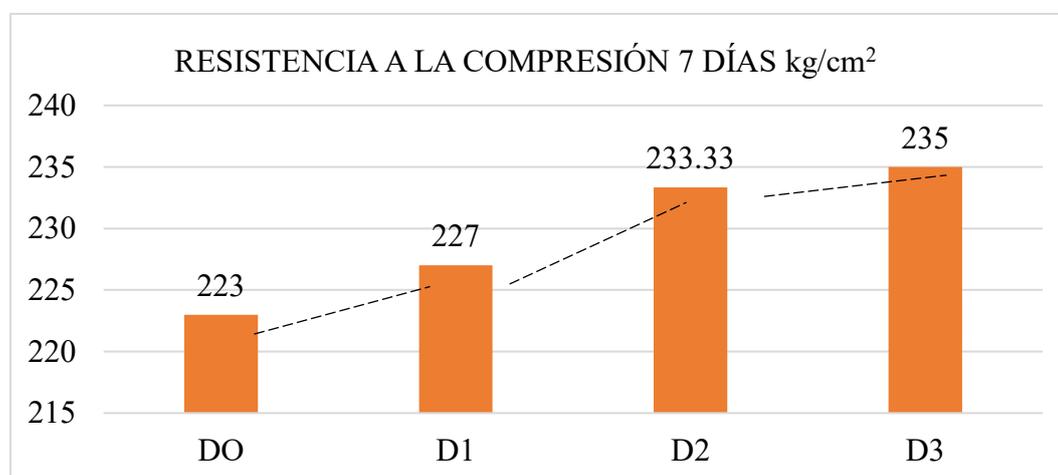
Tabla 35

Resistencia a la Compresión a los 7 días

Ítem	Muestra	Edad 7 días	Resistencia a la compresión 7 días kg/cm ²	%
D0	1	223	223.00 kg/cm ²	
	2	225		
	3	221		
D1	1	221	227.00 kg/cm ²	1.79%
	2	231		
	3	229		
D2	1	237	233.33 kg/cm ²	4.63%
	2	235		
	3	228		
D3	1	236	235.00 kg/cm ²	5.38%
	2	235		
	3	234		

Figura 69

Resistencia a la Compresión a los 7 días



Interpretación: Por medio de la tabla 33 y la figura 69 se logra exhibir que las resistencias a la compresión a los 7 días aumentan en todas las dosificaciones con respecto al patrón de 223 kg/cm², la D1 de 227 kg/cm² presentan un aumento de 1.79%, la D2 de 233.33 kg/cm² incrementa en un 4.69% y la D3 de 235 kg/cm² sube un 5.48%. Se determina que la D3 logra ostentar una mayor RC a diferencia de las otras dosificaciones, por tanto, favorece tener

un concreto con mayor resistencia debido a que soporta cargas más pesadas sin sufrir deformaciones verticales permanentes.

Resistencia a la compresión por diseño a la edad de 14 días

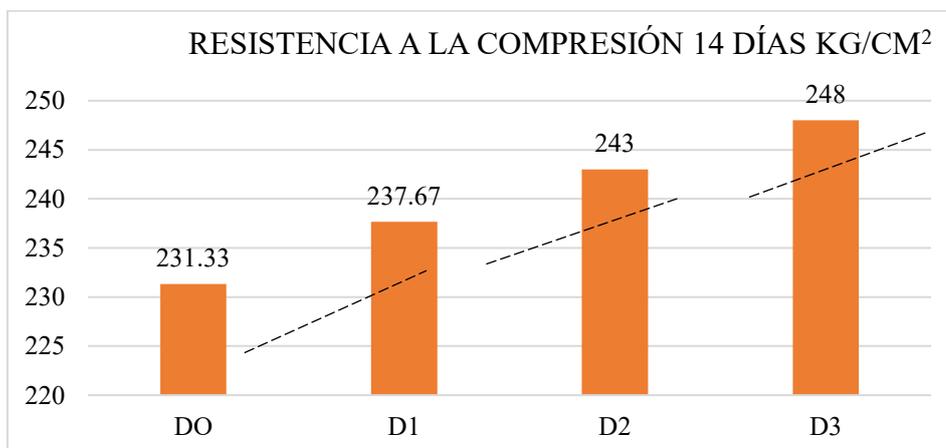
Tabla 36

Resistencia a la Compresión a los 14 días

Ítem	Muestra	Edad 14 días	Resistencia a la compresión 14 días (kg/cm ²)	%
D0	1	232	231.33 kg/cm ²	
	2	233		
	3	229		
D1	1	237	237.67 kg/cm ²	2.74%
	2	239		
	3	237		
D2	1	247	243.00 kg/cm ²	4.80%
	2	242		
	3	240		
D3	1	248	248.00 kg/cm ²	6.72%
	2	249		
	3	247		

Figura 70

Resistencia a la compresión a los 14 días



Interpretación: Por medio de la tabla 34 y la figura 70 se logra exhibir que las resistencias a la compresión a los 14 días aumentan en todas las dosificaciones con respecto al patrón de 231.33 kg/cm², la D1 de 237.67 kg/cm² presentan un aumento de 2.74%, la D2 de 243 kg/cm² incrementa en un 4.80% y la D3 de 248 kg/cm² sube un 6.72%. Se determina que la D3 logra ostentar una mayor Resistencia a la compresión, por tanto, favorece tener un concreto con mayor resistencia debido a que soporta cargas más pesadas sin sufrir deformaciones verticales permanentes.

Resistencia a la compresión por diseño a la edad de 28 días

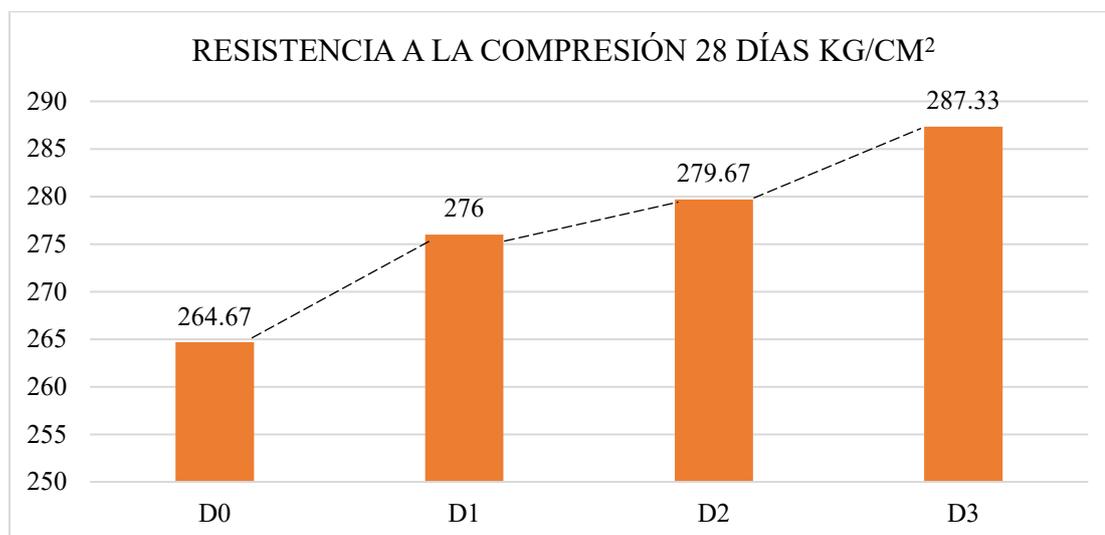
Tabla 37

Resistencia a la compresión a los 28 días

Ítem	Muestra	Edad 28 días	Resistencia a la compresión 28 días (kg/cm ²)	%
D0	1	274	264.67 kg/cm ²	
	2	255		
	3	265		
D1	1	273	276.00 kg/cm ²	4.11%
	2	276		
	3	279		
D2	1	279	279.67 kg/cm ²	5.67%
	2	284		
	3	276		
D3	1	281	287.33 kg/cm ²	8.56%
	2	295		
	3	286		

Figura 71

Resistencia a la Compresión de los 28 días



Interpretación: Por medio de la tabla 35 y la figura 71 se logra exhibir que las resistencias a la compresión a los 28 días aumentan en todas las dosificaciones con respecto al patrón de 264.67 kg/cm², la D1 de 276.00 kg/cm² presentan un aumento de 4.11%, la D2 de 279.67 kg/cm² incrementa en un 5.67% y la D3 de 287.33 kg/cm² sube un 8.56%. Se determina que la D3 exhibe una mayor resistencia a la compresión a diferencia de las otras dosificaciones, por tanto, favorece tener un concreto con mayor resistencia debido a que soporta cargas más pesadas sin sufrir deformaciones verticales permanentes.

✓ **Impacto del cemento endurecido en la Resistencia de flexión**

Se ejecutó el ensayo en base a las normas NTP 339.078 y ASTM C78 dentro de los 7, 14 y 28 días para las muestras patrón, con adiciones D1, D2 y D3 de agregado grueso de cemento endurecido.

Resistencia a la flexión por diseño a la edad de 7 días

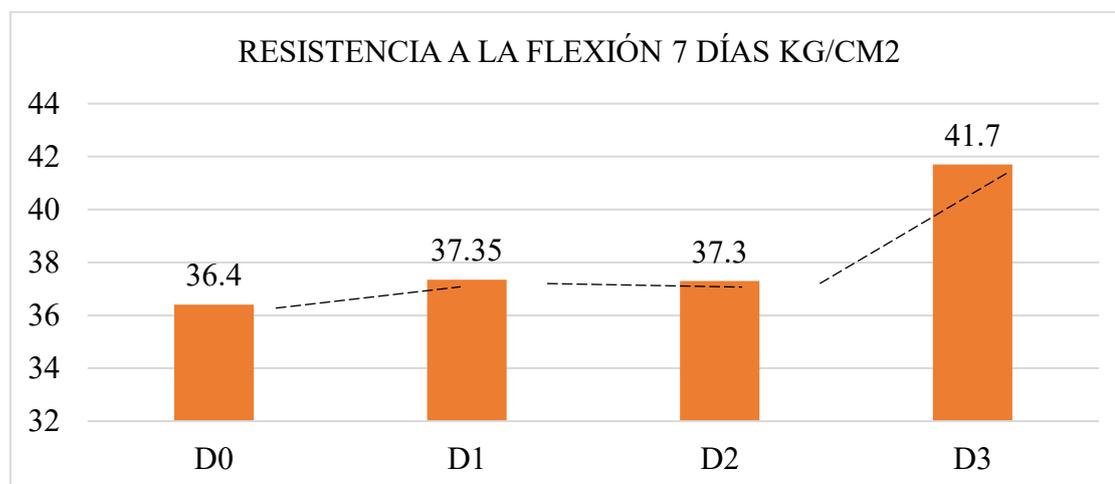
Tabla 38

Resistencia a la flexión 7 días

Ítem	Muestra	Edad 7 días	Resistencia a la flexión 7 días (kg/cm ²)	%
D0	1	36.2	36.40 kg/cm ²	
	2	36.6		
D1	1	37.6	37.35 kg/cm ²	2.61%
	2	37.1		
D2	1	37.3	37.30 kg/cm ²	2.47%
	2	37.3		
D3	1	41.6	41.70 kg/cm ²	14.56%
	2	41.8		

Figura 72

Resistencia a la flexión a los 7 días



Interpretación: Por medio de la tabla 36 y la figura 72 se logra exhibir que las resistencias a la flexión a los 7 días aumentan en todas las dosificaciones con respecto al patrón de 36.4 kg/cm², la D1 de 37.35 kg/cm² presentan un aumento de 2.61%, la D2 de 37.3 kg/cm² incrementa en un 2.47% y la D3 de 41.7 kg/cm² sube un 14.56%. Se determina que la D3 presenta una mayor resistencia a la flexión, por tanto, favorece tener un concreto con mayor resistencia a la flexión debido a que pueda resistir mejor las fuerzas de flexión y tensiones.

Resistencia a la flexión por diseño a la edad de 14 días

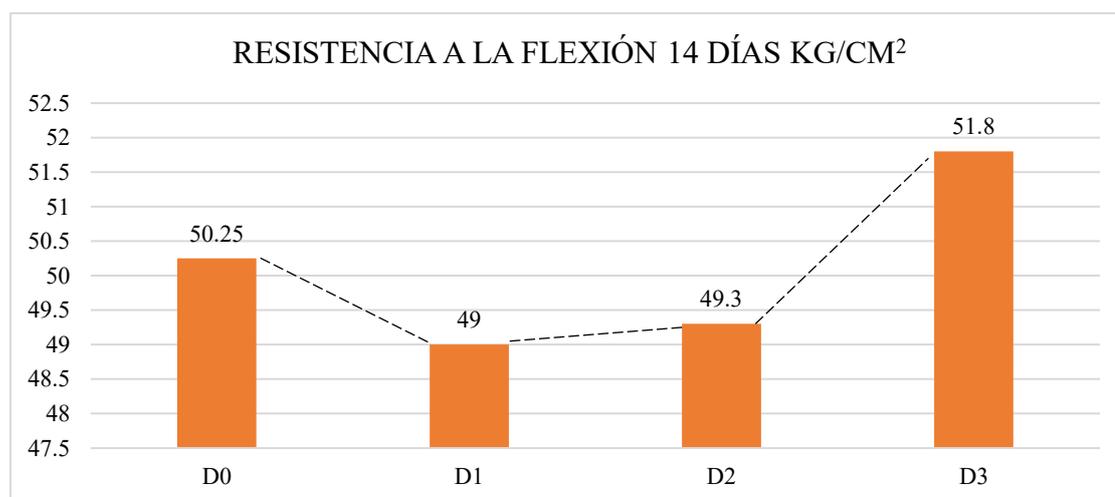
Tabla 39

Resistencia a la flexión 14 días

Ítem	Muestra	Edad 14 días	Resistencia a la flexión 14 días (kg/cm ²)	%
D0	1	49.6	50.25 kg/cm ²	
	2	50.9		
D1	1	49.9	49.00 kg/cm ²	-2.49%
	2	48.1		
D2	1	49.5	49.30 kg/cm ²	-1.89%
	2	49.1		
D3	1	52.2	51.80 kg/cm ²	3.08%
	2	51.4		

Figura 73

Resistencia a la flexión a los 14 días



Interpretación: Por medio de la tabla 37 y la figura 73 se logra exhibir que las resistencias a la flexión a los 14 días aumentan en todas las dosificaciones con respecto al patrón de 50.25 kg/cm², la D1 de 49.00 kg/cm² presentan una disminución de 2.49%, la D2 de 49.3 kg/cm² baja en un 1.89% y la D3 de 51.8 kg/cm² sube un 3.08%. Se determina que la D3 presenta una mayor resistencia a la flexión, por tanto, favorece tener un concreto con mayor resistencia a la flexión debido a que pueda resistir mejor las fuerzas de flexión y tensiones.

Resistencia a la flexión por diseño a la edad de 28 días

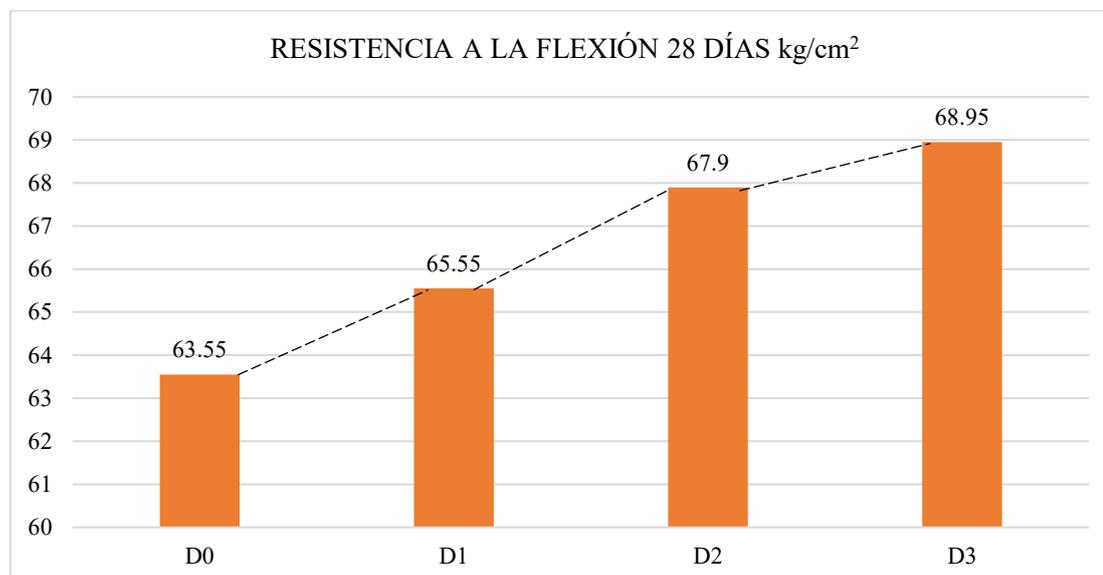
Tabla 40

Resistencia a la flexión 28 días

Ítem	Muestra	Edad 28 días	Resistencia a la flexión 28 días (kg/cm ²)	%
D0	1	63	63.55 kg/cm ²	
	2	64.1		
D1	1	65.8	65.55 kg/cm ²	3.15%
	2	65.3		
D2	1	68	67.90 kg/cm ²	6.85%
	2	67.8		
D3	1	68	68.95 kg/cm ²	8.50%
	2	69.9		

Figura 74

Resistencia a la flexión a los 28 días



Interpretación: Por medio de la tabla 38 y la figura 74 se logra exhibir que las resistencias a la flexión a los 28 días aumentan en todas las dosificaciones con respecto al patrón de 63.55 kg/cm², la D1 de 65.55 kg/cm² presentan un incremento de 3.15%, la D2 de 67.90 kg/cm² sube en un 6.85% y la D3 de 68.95 kg/cm² aumenta un 8.50%. Se determina que la D3 presenta una mayor resistencia a la flexión, por tanto, favorece tener un concreto con

mayor resistencia a la flexión debido a que pueda resistir mejor las fuerzas de flexión y tensiones.

Interpretación general de resultados: Es por ello que la cantidad de cemento y agregados depende del diseño que se realice como también la resistencia que se quiere alcanzar y el porcentaje adicional. Asimismo, cabe mencionar que un diseño es diferente a pesar que sea el mismo $f'c$ debido a la caracterización de los agregados, en donde se obtiene que el D1 tiene un concreto más trabajable permitiendo facilitar su colocación y manipulación durante la construcción, mejorando la calidad y durabilidad de las estructuras, asimismo presenta una mejor resistencia a la compresión y flexión.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La discusión exhibe los datos adquiridos de los objetivos establecidos y se cotejan con autores de los cuales hayan efectuado investigaciones semejantes; dado ello, se podrá contrastar trabajabilidad, la densidad, la Resistencia de Compresión, Resistencia de flexión y algunos resultados de la caracterización del agregado.

Indicador: Trabajabilidad

Se obtuvieron como resultados diferentes asentamientos de acuerdo a los diferentes diseños de mezcla con incorporación de cemento endurecido para el D0, D1, D2 y D3 en donde presentaron un slump inicial de 4" en el tiempo de 0 minutos para las cuatro adiciones, luego de 30 minutos se obtuvo 3", 3 ½", 3" y 2 ¾" para las cuatro muestras con adición de cemento endurecido de D0, D1, D2 y D3 en donde el porcentaje de asentamiento varía de acuerdo al porcentaje de adición. Esto es igual Galván (2020) en donde con al adicionar 0% alcanzó un slump igual a 3", incluyendo 25% alcanzó un slump igual a 2 ¾" generando un incremento de 8.33%. Por tanto, la trabajabilidad debería disminuir de acuerdo al antecedente mencionado, lo cual es similar con los resultados obtenidos de la investigación ya que existe un incremento de la trabajabilidad hasta la dosificación D1 y una disminución desde la dosificación del D2.

Indicador: Densidad

Se obtuvieron como resultado diferentes densidades de acuerdo a los diferentes diseños de mezcla con adición de cemento endurecido para el D0, D1, D2 y D3 en donde se tuvo una densidad de 2387 kg/m³, 2344 kg/m³, 2333 kg/m³ y 2304 kg/m³ respectivamente. Como también Castillo (2019) obtuvo una sola densidad de 2444 kg/m³ para su diseño de concreto patrón y al igual que Salas (2019) el cual menciona que tuvo densidades con diferentes porcentajes de adiciones entre 2100 a 2400 kg/m³. Por tanto, los diseños de mezclas presentados se encuentran entre 2100 kg/m³ hasta 2444 kg/m³, en donde no concuerda con Castillo (2019) dado que presenta una densidad superior ya que uno es concreto endurecido y

el del estudio es un cemento endurecido, por lo cual no es más liviano que el otro. Luego si concuerda con Salas (2019) ya que las densidades obtenidas se encuentran entre 2100 a 2400 kg/m^3 , ya que las dos investigaciones presentan como sustituto del agregado grueso al cemento endurecido.

Indicador: Resistencia a la compresión

Se alcanzaron por resultados diferentes resistencias a la compresión dentro de los 28 días de acuerdo a los diferentes diseños de mezcla con adición de cemento endurecido para el D0, D1, D2 y D3 en donde se obtuvo 264.67, 276, 279.67 y 287.33 kg/cm^2 respectivamente. Esto tiene concordancia con Caycho y Espinoza (2019) dado que mencionan la existencia del incremento sobre la resistencia con el 25%. Sin embargo, no tiene concordancia con Muñoz y Ñaupá (2021) el cual da a conocer que adicionar D3 de concreto reciclado alcanza por resistencia menor en 22% al del concreto patrón. Por tanto, el porcentaje óptimo de Caycho y Espinoza (2019) es similar a la investigación la adición del 25% de cemento endurecido ya que tomaron en consideración el mismo porcentaje en el estudio. A diferencia de Muñoz y Ñaupá (2021) que discrepa e indica que el porcentaje es 22% siendo inferior a lo que se obtuvo en los resultados de estudio. Por tanto, en la resistencia a compresión se determina que existe un incremento de la resistencia con el 25% de cemento endurecido lo cual es una ventaja ya que se obtiene un concreto superior al diseño de mezcla patrón.

Indicador: Resistencia a la flexión

Se obtuvieron como resultado diferentes resistencias a la flexión a los 28 días de acuerdo a los diferentes diseños de mezcla con adición de cemento endurecido para el D0, D1, D2 y D3 en donde se obtuvo 63.55, 65.55, 67.90 y 68.95 kg/cm^2 respectivamente, en donde este último es el valor porcentual óptimo. Ello tiene concordancia con Caycho y García (2021) el cual establece que incorporar 25% de concreto reciclado permite obtener resistencias altas a flexión de 48 kg/cm^2 superando al diseño patrón de 38.70 kg/cm^2 . Así mismo se concuerda

con Galvan (2020) ya que en su investigación se logró obtener valores de resistencia a flexión que superar los 4MPa tanto en el diseño patrón como en los diseños experimentales con 100% de concreto reciclado. Por otro lado, se concuerda también con Caycho y Espinoza (2019), ya que en su investigación experimental se logró tener resistencias máximas de 56.4 kg/cm², al sustituir el 25% de agregado reciclado. Por tanto, se demuestra por medio de las investigaciones que incluir concreto reciclado en la composición del concreto genera una influencia positiva.

VI. CONCLUSIONES

6.1 En este estudio de investigación se ha establecido que el cemento endurecido como adición de agregado grueso influye desfavorablemente en la trabajabilidad dado que esta disminuye. Esto se presenta de la siguiente manera para la dosificación D1 con 0 minutos no presenta variación con respecto al patrón, luego para los 30 minutos aumenta en 16.67 % y finalmente para 60 minutos aumenta en 66.67%; para la dosificación D2 con 0 minutos no presenta variación con respecto al patrón, luego para los 30 minutos no presenta variación y finalmente para 60 minutos aumenta en 33.33 % y finalmente para la dosificación D3 con 0 minutos no presenta variación con respecto al patrón, luego para los 30 minutos disminuye en 8.33 % y finalmente para 60 minutos aumenta en 16.67 %, de acuerdo por lo indicado por medio de la tabla N° 28 y figura N°69, N°70, N°71 y N°72. Entonces la mejor dosificación para efectos de trabajabilidad es la dosificación D1, porque está dentro de los rangos establecidos en el diseño de mezcla para concretos de 2" a 4", además a pesar de las variaciones observadas en los tiempos de fraguado. Es crucial para garantizar un óptimo desempeño en la manipulación y colocación del concreto en situaciones prácticas, respaldando así la viabilidad y eficiencia de la mezcla con la dosificación D1 en aplicaciones estructurales y constructivas.

6.2 En este estudio de investigación se ha establecido que el cemento endurecido como adición de agregado grueso influye favorablemente en la densidad dado que esta disminuye. Esto se presenta de la siguiente manera para el D1 disminuye en 1.80% respecto al patrón, para D2 disminuye en 2.26% con respecto al patrón y finalmente para D3 disminuye en 3.48% con respecto al patrón. Según se indica en la tabla N° 26. Entonces la mejor dosificación para efectos de densidad D3, porque una menor densidad implica un peso estructural reducido, esto es beneficioso en aplicaciones donde se desea minimizar la carga en la estructura. Además, a pesar de las variaciones observadas en las densidades, es crucial

garantizar un óptimo desempeño en la mezcla para poder tener una mezcla eficiente y de calidad.

6.3 En este estudio de investigación se ha establecido que el cemento endurecido como adición de agregado grueso logra influir favorablemente sobre la resistencia a la compresión dado que esta aumenta. Esto se presenta de la siguiente manera para el D1 aumenta en 4.11% respecto al patrón, para D2 aumenta en 5.67% con respecto al patrón y finalmente para D3 aumenta en 8.56% con respecto al patrón. Según se indica en la tabla N° 31. Entonces la mejor dosificación para efectos de densidad D3, porque implica un mejor rendimiento estructural y durabilidad del concreto. Además, favorece tener un concreto con mayor resistencia a la compresión debido a que soporta cargas más pesadas sin sufrir deformaciones verticales permanentes.

6.4 En este estudio de investigación se ha establecido que el cemento endurecido como adición de AG logra influir positivamente sobre la resistencia a la flexión dado que esta aumenta. Esto se presenta de la siguiente manera para el D1 aumenta en 3.15% respecto al patrón, para D2 aumenta en 6.85% con respecto al patrón y finalmente para D3 aumenta en 8.50% con respecto al patrón. Según se indica en la tabla N° 34. Entonces la mejor dosificación para efectos de densidad D3, porque favorece tener un concreto con mayor resistencia a la flexión debido a que pueda resistir mejor las fuerzas de flexión y tensiones.

6.5 Finalmente logró ser evaluado en el presente trabajo el cemento endurecido como agregado grueso influye favorablemente; dado que las propiedades físicas como la trabajabilidad presenta una mínima disminución con la dosificación D1 y la densidad presenta mejores resultados con la dosificación D3. Así mismo en las propiedades mecánicas los mejores resultados de resistencia a la compresión y a la flexión se alcanzaron mejores hallazgos con la dosificación D3. Finalmente se recomienda para el diseño de concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ la dosificación D3 de cemento endurecido como agregado grueso.

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1 Considerando los resultados obtenidos donde la trabajabilidad es limitada se recomienda evaluar la aplicación de la dosificación D1 con el uso del aditivo tipo superplastificante ya que este permitirá facilitar las tareas de colocación y compactación del concreto.
- 7.2 Basado en los resultados obtenidos se recomienda la dosificación D3, que ofrece una reducción de densidad, la cual puede ser usada para proyectos donde se busca minimizar el peso de la estructura.
- 7.3 En relación a la resistencia a la compresión y a la flexión en el caso de utilizar la dosificación D3 en proyectos donde se requiera alta resistencia. Evaluar la incorporación del aditivo tipo reductor de agua para aumentar la firmeza sin aumentar la densidad del concreto.
- 7.4 Al implementar las dosificaciones D1 y D3 en proyectos reales, es esencial tener en cuenta las condiciones ambientales locales. La variación climática puede afectar significativamente el comportamiento del concreto, por lo que se debe realizar pruebas específicas bajo diferentes condiciones climáticas para definir el comportamiento de la mezcla si es óptimo o no.
- 7.5 Se recomienda como futura línea de investigación evaluar el aporte del cemento endurecido como agregado grueso con la finalidad de corroborar el aumento de la resistencia a la flexión en grandes porcentajes.

VIII. REFERENCIAS

- Aceros Arequipa. (2021). *Construyendo Seguro*. Aceros Arequipa:
<https://www.construyendoseguro.com/cuales-son-las-propiedades-del-concreto/>
- ACI 116. (2006). Terminología del cemento y el hormigón. *Comité ACI 116*, 1-104.
<https://www.inti.gob.ar/publicaciones/descargac/270>
- ACI 211. (2002). Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete. *ACI Committee 211*, 1-38.
https://kashanu.ac.ir/Files/aci%20211_1_91.pdf
- American Concrete Institute. (2002). *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1)*. American Concrete Institute. https://kashanu.ac.ir/Files/aci%20211_1_91.pdf
- ASTM. (2021). Terminología estándar relacionada con el hormigón y los agregados del hormigón. *ASTM INTERNATIONAL*. <https://www.astm.org/c0125-21a.html>
- ASTM C33. (2003). *Especificación estándar para agregados para concreto*.
- Blazy, J., Drobiec, L., & Pawel, W. (2021). Flexural Tensile Strength of Concrete with Synthetic Fibers. *Materials*, 14(16), 1-13. <https://doi.org/10.3390/ma14164428>
- Bolaños, M. (2018). *Análisis de la mineralogía y del desempeño en cementos híbridos de sulfoaluminato de calcio y Pórtland* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Universidad Nacional. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/68782>
- Calsina, J. (2021). *Análisis de las características mecánicas del concreto incorporando agregado de concreto reciclado en la ciudad de Juliaca – 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/63682>

- CAPECO. (2022). *Construcción cae 2.5% en febrero y 4.8% desde octubre 2021. Propuesta de constituyente agravaría caída de la inversión*. Capeco: <https://www.capeco.org/entrada-noticia/construccion-cae-25-en-febrero-y-48-desde-octubre-2021-propuesta-de-constituyente-agravaría-caída-de-la-inversion>
- Castillo, A., Chimá, A., y Rondón, G. (2019). *Estudio de Prefactibilidad de Concreto Sostenible usando agregado grueso reciclado en Barraquilla* [Tesis de pregrado, Universidad de la Costa]. Repositorio Institucional de la CUC. <http://hdl.handle.net/11323/3271>
- Castro, A., y Paredes, C. (2018). *Diseño de concreto estructural de resistencia mayores a 210 kg/ cm 2 con materiales reciclados de concreto, San Juan de Lurigancho, 2018* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/36871>
- Caycho, F., y Garcia, E. (2021). *Uso de agregado reciclado en el concreto $f'c = 280$ kg/cm2 para analizar las propiedades mecánicas, Chancay 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/82784>
- Caycho, T., y Espinoza, R. (2019). *Mezcla de concreto con agregado grueso reciclado usando cemento portland tipo HS para cimentaciones, Distrito la Molina, Año 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional de la URP. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2726>
- Chen, X., Gruyaert, E., y Li, J. (2021). Modelling the effect of coarse recycled concrete aggregate on compressive strength of Portland cement concrete using volume fraction-based approach. *Construction and Building Materials*, 309, 1-14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125159>

- Elias, J., Flores, J., Ramon, B., & Reyna, C. (2020). Efecto de la utilización de agregados de concreto reciclado sobre el ambiente y la construcción de viviendas en la ciudad de Huamachuco. *Puriq*, 2(1), 16-27. <https://doi.org/10.37073/puriq.2.1.68>
- Galvan, E. (2020). *Uso del concreto reciclado en la construcción de viviendas básicas en provincia de Huancayo -2018* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio Institucional de la UPLA. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/1610>
- Gestión. (2022). *Despacho nacional de cemento creció 5% en mayo*. Gestión: <https://gestion.pe/economia/despacho-nacional-de-cemento-crecio-5-en-mayo-noticia/>
- Godoy, M., y Gándara, C. (2022). El uso de ceniza volante y aditivos en la elaboración del concreto como solución ecológica. *DELOS Desarrollo Local Sostenible*, 11(31), 1-11. <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/458>
- Guerrero, A., y Hoyos, L. (2020). *Influencia del material fino que por el tamiz N°200 (74 um) en las propiedades físicas y mecánicas del concreto* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio UNJ. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/274>
- Hernández, R., y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico: MC Graw Hill. <https://www.google.com/url?q=http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hern%25C3%25A1ndez-%2520Metodolog%25C3%25ADa%2520de%2520la%2520investigaci%25C3%25B3n.pdf&sa=D&source=editors&ust=1654872168048785&usg=AOvVaw1vR9drY3tdwSWuuOug-nQb>

- Hernández, S., Fernández, C., y Baptista, P. (2020). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill Education.
- ICG. (2018). *Diseño de mezclas*. Lima: Instituto de la construcción y gerencia.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *INEI difunde Base de Datos de los Censos Nacionales 2017 y el Perfil Sociodemográfico del Perú*. Instituto Nacional de Estadística e Informática: <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/inei-difunde-base-de-datos-de-los-censos-nacionales-2017-y-el-perfil-sociodemografico-del-peru-10935/>
- Kolawole, J., Combrinck, R., y Boshoff, W. (2020). Shear rheo-viscoelasticity approach to the plastic cracking of early-age concrete. *Cement and Concrete Research*, 135(1), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2020.106127>
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panaerese, W., y Tanesi, J. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Mexico: Portland Cement Association. https://www.researchgate.net/publication/348676443_Diseño_y_Control_de_Mezclas_de_Concreto
- Machaca, G. (2019). *Evaluación de concreto reciclado, proveniente de procesos de demolición y construcción de viviendas para su reúso en concreto simple en la ciudad de Juliaca* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión]. Repositorio UPeU. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/2714>
- Martinez, D. (2020). *Flexión mecánica*. https://es.wikipedia.org/wiki/Flexi%C3%B3n_mec%C3%A1nica#/media/Archivo:Bending.svg
- McCormac, J., y Russell, B. (2018). *Diseño de concreto reforzado*. Mexico: Alfaomega. <https://bit.ly/3dQXprX>

Mehta, K., y Monteiro, P. (2018). *Concreto: microestructura, propiedades y materiales*.

MC Graw Hill Education.

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64487273/CONCRETO_ESTRUCTURA_PROPIEDADES_Y_MATERIALES%20PDF%20PORTLAND.pdf?1600721093=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DConcreto_Estructura_propiedades_y_materi.pdf&Expires=1657748581&Signature=LAI3c

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). *Ministerio de Vivienda aprueba nuevo Código Técnico de Construcción Sostenible*. Ministerio de vivienda y construcción:

<https://www.gob.pe/institucion/vivienda/noticias/508513-ministerio-de-vivienda-aprueba-nuevo-codigo-tecnico-de-construccion-sostenible>

Miranda, L., Neira, E., Torres, R., y Valdivia, R. (2018). *La construcción sostenible en el Perú*. Lima: Economica y Sociedad.

https://cies.org.pe/sites/default/files/files/articulos/economiaysociedad/la_construccion_sostenible_en_el_peru.pdf

Morales, R. (2006). *Diseño en concreto armado*. Lima : ICG.

Moreno, L., Ospina, M., y Rodríguez, K. (2017). Resistencia de concreto con agregado de bloque de arcilla triturado como reemplazo de agregado grueso. *Revista Chilena de Ingeniería*, 27(4), 1-8. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000400635>

Mota, A., y Batista, M. (2018). Evaluación del hormigón reciclado con árido grueso de hormigón dosificado por el método ABCP modificado. *18(4)*, 341-359. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000400309>

- Moulya, H., y Chandrashekhar, A. (2022). Experimental Investigation of Effect of Recycled Coarse Aggregate Properties on the Mechanical and Durability Characteristics of Geopolymer Concrete. *Materials Today: Proceedings*, 59(3), 1700-17007. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.403>
- MTC. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf
- Muñoz, M., y Ñaupá, J. (2021). *Uso de concreto reciclado de demoliciones como agregado grueso para la elaboración de unidades de albañilería de concreto, Lima 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional de la UPN. <https://hdl.handle.net/11537/27702>
- MVCS. (2016). *Decreto Supremo que modifica el Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición, aprobado por Decreto Supremo N° 003-2013-VIVIENDA*. Lima: el peruano.
<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-modifica-el-reglamento-para-la-gestion-y-decreto-supremo-n-019-2016-vivienda-1444264-1/>
- Nava, M., y Rodríguez, E. (2001). *Colocación del Concreto Bajo Clima Caluroso*. Universidad de Sonora.
<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/11059/Capitulo8.pdf>
- Ñaupás, H., Valdivia, M., Palacios, J., y Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y Redacción de la Tesis*. Bogotá: Ediciones U.
- Ochoa, R., y Flores, E. (1995). Química del cemento. *Revista de química*, 8(2), 29-38.

- Orozco, M., Avila, Y., Restrepo, S., y Parody, A. (2018). Factors influencing concrete quality: a survey to the principal actors of the concrete industry. *Revista ingeniería de construcción*, 33(2), 1-12. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000200161>
- Pacsi, R. (2018). *Influencia en el diseño de mezcla y resistencia en concretos con la disminución del material fino pasante del tamiz N°200 (ASTM), Elaborados en la ciudad de Puno* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Del Altiplano]. Repositorio Institucional Digital de la UPLA. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3276812>
- Pérez, N., Garnica, P., y Rivera, A. (2018). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de un agregado de concreto reciclado*. Mexico: Instituto Mexicano del Transporte. <http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt514.pdf>
- Qudeer, H., Ruangrassamee, A., Tangtermsirikul, S., y Joyklad, P. (2020). Behavior of concrete confined with epoxy bonded fiber ropes under axial load. *Construction and Building Materials*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120093>
- Ruiz, R., y Barrios, M. (2018). *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos elaborados con cementos I. C. O., M. S. y U. G., Trujillo 2018*. Trujillo: UPN.
- Salas, V. (2019). *Sostenibilidad de los agregados reciclados de residuos de concreto para obras civiles en la elaboración de concreto* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/3856>

- Sanchez, M. (2004). Estudio sobre la utilización de árido reciclado para la fabricación de Hormigón Estructural. *E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos (UPM)*.
<https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.381>
- Silva, Y., y Delvasto, S. (2021). Uso de residuos de construcción y demolición como material cementicio suplementario y agregado grueso reciclado en concretos autocompactantes. *Informador Técnico*, 85(1), 20-33.
<http://doi.org/10.23850/22565035.2502>
- Tiburcio, S., y Torres, A. (2020). *Comportamiento mecánico del concreto con incorporación de residuos de concreto reciclado para veredas, distrito de Comas, Lima – 2020* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la UCV <https://hdl.handle.net/20.500.12692/77135>
- Ulucan, M., y EsatAlyamac, K. (2022). A holistic assessment of the use of emerging recycled concrete aggregates after a destructive earthquake: Mechanical, economic and environmental. *Waste Management*, 146, 53-65.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.04.045>
- Uturunco, C., y Quenta, J. (2021). *Producción de agregados reciclados, para su uso en la elaboración de concreto F'C=210 KG/CM2, Puno, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la UCV.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/68684>
- Vega, N. (2019). *Agregado de concreto reciclado, su influencia en las propiedades mecánicas de concretos 210, 280 y 350 Kg/cm², Lima – 2018* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional de la UCV.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/35195>
- Yifei, Y., Junjan, V., Murat, D., y Iacob, M. (2022). A systematic literature review on Circular Economy implementation in the construction industry: a policy-making

perspectiveA systematic literature review on Circular Economy implementation
in the construction industry: a policy-making perspectiveA systema. *Resources,
Conservation and Recycling.*

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106359>

IX. ANEXOS

ANEXO A: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

VICAT <small>LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD EN CEREA</small>	Laboratorio de Ensayo de Materiales			
	CÓDIGO LAB: VC23-LEM-20-01	ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO COMO AGREGADO GRUESO
UBICACIÓN : LIMA-PERÚ
SOLICITANTE : DALILA HEYDY SIFUENTES ROSARIO
FECHA ENSAYO : 13/02/2023
ATENCIÓN : DALILA HEYDY SIFUENTES ROSARIO
REALIZADO : Tec. Jorge Bolo
FECHA EMISIÓN : 14/02/2023
APROBADO : Ing. Yashin Bolo

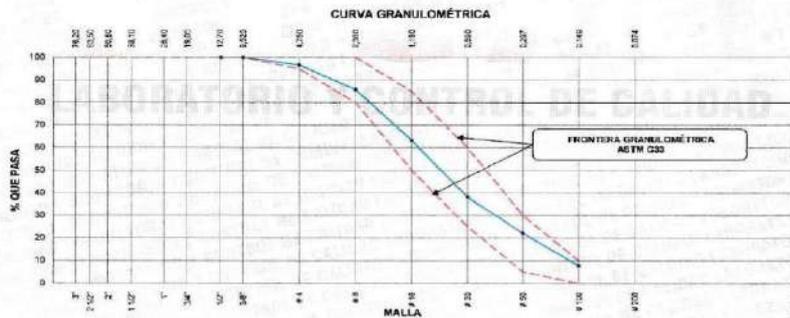
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C 136

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA : Agregado Fino
PROCEDECENCIA : Cantera Trapiche

PRESENTACIÓN : A granel
CANTIDAD : 0.25 m³

AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 18 - ARENA GRUESA						
Malla	Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm				100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm				100.00	100.00
3"	75.00 mm				100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm				100.00	100.00
2"	50.00 mm				100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm				100.00	100.00
1"	25.00 mm				100.00	100.00
3/4"	19.00 mm				100.00	100.00
1/2"	12.50 mm				100.00	100.00
3/8"	9.50 mm			100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	20.2	3.32	96.68	85.00	100.00
# 8	2.36 mm	68.0	10.87	85.81	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	137.0	22.57	63.24	50.00	85.00
# 30	600 µm	152.4	25.11	61.87	25.00	80.00
# 50	300 µm	97.0	15.98	77.85	5.00	30.00
# 100	150 µm	87.0	14.33	92.18	0.00	10.00
Fondo	-	47.5	7.82	100.00	0.00	-
					MF	2.95
					TMN	—



YASHIN BOLO SALDARRIAGA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CIP: 253773

WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabayllo
 CONTACTO: (01)787-1039 - 972434908 - 967085477

Análisis granulométrico del agregado fino

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING

 VICAT <small>LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS</small>	Laboratorio de Ensayo de Materiales		
	CÓDIGO LAB: VC23-LEM-20-02	ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO COMO AGREGADO GRUESO
UBICACIÓN : LIMA-PERÚ
SOLICITANTE : DALILA HEYDY SIFUENTES ROSARIO
FECHA ENSAYO : 13/02/2023
ATENCIÓN : DALILA HEYDY SIFUENTES ROSARIO
REALIZADO : Tec. Jorge Bolo
FECHA EMISIÓN : 14/02/2023
APROBADO : Ing. Yashin Bolo

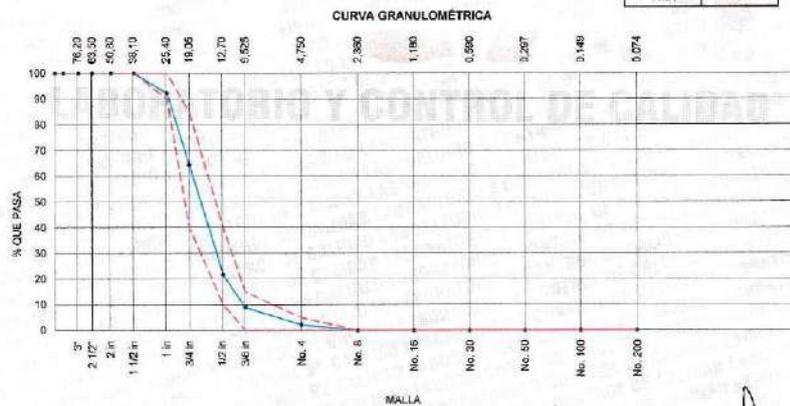
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS
ASTM C 136**

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA : Agregado Grueso
PRESENTACIÓN : A granel
PROCEDECENCIA : Cantera Trapiche
CANTIDAD : 0.25 m3

AGREGADO GRUESO ASTM C33/C33M - 18 - HUSO # 56

ABERTURA DE TAMICES Marco de 8" de diámetro		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	ESPECIFICACIÓN	
Nombre	mm					Mínimo	Máximo
4 in'	100.00 mm					100.00	100.00
3 1/2 in	90.00 mm					100.00	100.00
3 in	75.00 mm					100.00	100.00
2 1/2 in	63.00 mm					100.00	100.00
2 in	50.00 mm					100.00	100.00
1 1/2 in	37.50 mm				100.00	100.00	100.00
1 in	25.00 mm	310.0	7.74	7.74	92.26	80.00	100.00
3/4 in	19.00 mm	1115.0	27.84	35.58	64.42	40.00	95.00
1/2 in	12.50 mm	1710.0	42.70	78.28	21.72	10.00	40.00
3/8 in	9.50 mm	510.0	12.73	91.01	8.99	0.00	15.00
No. 4	4.75 mm	270.0	6.74	97.75	2.25	0.00	5.00
No. 8	2.36 mm	90.0	2.25	100.00		0.00	0.00
No. 16	1.18 mm					0.00	0.00
No. 30	600 µm					0.00	0.00
No. 50	300 µm					0.00	0.00
No. 100	150 µm					0.00	0.00
No. 200	75 µm					0.00	0.00
< No. 200	< No. 200						
						MF	6.89
						TMN	1"




YASHIN BULO BOLA SALLANA
 INGENIERO CIVIL
 REG. Nº CIP: 253773

WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabaylla
 CONTACTO: (01)787-1039 - 972434908 - 967085477

Análisis granulométrico del agregado grueso

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING

	Laboratorio de Ensayo de Materiales		
	CÓDIGO LAB: VC23-LEM-20-03	ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO COMO AGREGADO GRUESO

UBICACIÓN : LIMA-PERÚ

SOLICITANTE : DALILA HEYDY SIFUENTES ROSARIO

FECHA ENSAYO : 13/02/2023

ATENCIÓN : DALILA HEYDY SIFUENTES ROSARIO

REALIZADO : Tec. Jorge Bolo

FECHA EMISIÓN : 14/02/2023

APROBADO : Ing. Yashin Bolo

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS
ASTM C 136**

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

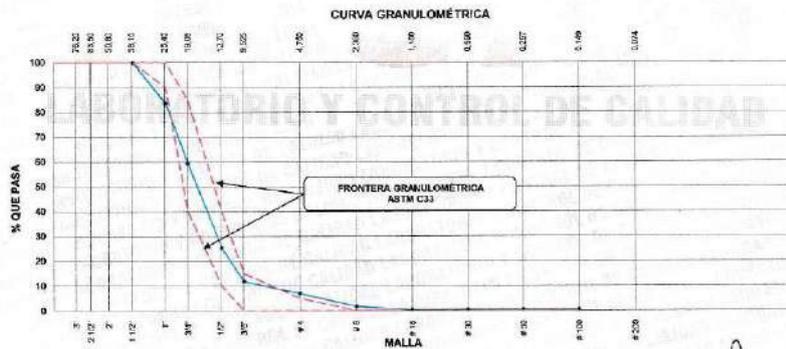
TIPO DE MUESTRA : Cemento Endurecido

PROCEDENCIA : Elaboración Propia

PRESENTACIÓN : A granel

CANTIDAD : 0.25 m³

AGREGADO GRUESO ASTM C33/C33M - 1B - HUSO # 56							
Malla	Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"	
4"	100.00 mm				100.00	100.00	
3 1/2"	90.00 mm				100.00	100.00	
3"	75.00 mm				100.00	100.00	
2 1/2"	63.00 mm				100.00	100.00	
2"	50.00 mm				100.00	100.00	
1 1/2"	37.50 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	
1"	25.00 mm	430.0	16.35	16.35	83.65	90.00	
3/4"	19.00 mm	834.0	24.11	40.46	59.54	85.00	
1/2"	12.50 mm	898.0	34.14	74.60	25.40	40.00	
3/8"	9.50 mm	358.0	13.54	88.14	11.85	0.00	
# 4	4.75 mm	128.0	4.87	93.00	7.00	0.00	
# 8	2.36 mm	139.0	5.29	98.29	1.71	0.00	
# 16	1.18 mm	35.0	1.33	99.62	0.38	0.00	
# 30	600 µm						
# 50	300 µm						
# 100	150 µm						
Fondo		10.0		100.00	0.00		
					MC	6.78	
					TMN	---	



Yashin Bolo
 YASHIN BOLO BALDANA
 INGENIERO CIVIL
 N° CIP: 253773

WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabayllo
 CONTACTO: (01)787-1039 - 972434908 - 967085477

Análisis granulométrico del cemento endurecido

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING

	Laboratorio de Ensayo de Materiales			
	CÓDIGO LAB: VC23-LEM-20-04	ÁREA: IAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO COMO AGREGADO GRUESO
UBICACIÓN : LIMA-PERÚ
SOLICITANTE : DALILA HEYDY SIFUENTES ROSARIO
ATENCIÓN : DALILA HEYDY SIFUENTES ROSARIO
FECHA EMISIÓN : 14/02/2023

FECHA ENSAYO : 13/02/2023
REALIZADO : Tec. Jorge Bolo
APROBADO : Ing. Yashin Bolo

**DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO AGREGADO FINO
ASTM C-29**

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA : Agregado Fino
PROCEDENCIA : Cantera Trapiche

PRESENTACIÓN : A granel
CANTIDAD : 0.25 m³

Peso de Molde	1628
Volumen de Molde	2809

PU SUELTO				
	Peso de molde + muestra	Peso de muestra	PUS	Promedio
P1	6268	4630	1.648	1645
P2	6239	4611	1.642	

Kg/m³

PU COMPACTADO				
	Peso de molde + muestra	Peso de muestra	PUC	Promedio
P1	6663	5055	1.800	1801
P2	6669	5061	1.802	

Kg/m³



YASHIN BOLO GALCARRA
 INGENIERO CIVIL
 CIP: N° 253773

WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabayllo
 CONTACTO: (01)787-1039 - 972434908 - 967085477

Peso Unitario del agregado fino

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING

 VICAT <small>LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS</small>	Laboratorio de Ensayo de Materiales			
	CÓDIGO LAB: VC23-LEM-20-05	ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO COMO AGREGADO GRUESO

UBICACIÓN : LIMA-PERÚ

SOLICITANTE : DALILA HEYDY SIFUENTES ROSARIO

ATENCIÓN : DALILA HEYDY SIFUENTES ROSARIO

FECHA EMISIÓN : 14/02/2023

FECHA ENSAYO : 13/02/2023

REALIZADO : Tec. Jorge Bolo

APROBADO : Ing. Yashin Bolo

**DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO
ASTM C-29**

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA : Agregado Grueso

PROCEDENCIA : Cantera Trapiche

PRESENTACIÓN : A granel

CANTIDAD : 0.25 m³

Peso de Molde	5376
Volumen de Molde	9273

PU SUELTO				
	Peso de molde + muestra	Peso de Muestra	PUS	Promedio
P1	19975	13600	1.467	1.467
P2	19973	13602	1.467	

Kg/m³

PU COMPACTADO				
	Peso de molde + muestra	Peso de muestra	PLC	Promedio
P1	21229	14853	1.602	1.602
P2	21240	14854	1.603	

Kg/m³




YASHIN BOLO SALDANA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CIP: 253773

LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD

WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabaylo
 CONTACTO: (01)787-1039 - 972434908 - 967085477

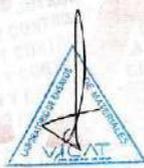
Peso Unitario del agregado grueso

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING

		Laboratorio de Ensayo de Materiales			
	CÓDIGO LAB:	ÁREA:	VERSIÓN:	PÁGINAS:	
	VC23-LEM-20-05	LAC	1	1 de 1	
PROYECTO	: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F' C = 21.0 KG/CM2 EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO COMO AGREGADO GRUESO				
UBICACIÓN	: LIMA-PERÚ				
SOLICITANTE	: DALILA HEYDY SIFUENTES ROSARIO		FECHA ENSAYO	: 13/02/2023	
ATENCIÓN	: DALILA HEYDY SIFUENTES ROSARIO		REALIZADO	: Tec. Jorge Bolo	
FECHA EMISIÓN	: 14/02/2023		APROBADO	: Ing. Yashin Bolo	
DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO					
ASTM C-29					
REFERENCIAS DE LA MUESTRA					
TIPO DE MUESTRA	: Cemento endurecido			PRESENTACIÓN	: A granel
PROCEDECENCIA	: Elaboración propia			CANTIDAD	: 0.25 m ³
Peso de Molde	1628				
Volumen de Molde	2809				
PU SUELTO					
	Peso de molde + muestra	Peso de Muestra	PUS	Promedio	
P1	4305	2677	0.953	954	
P2	4308	2660	0.954		
Kg/m ³					
PU COMPACTADO					
	Peso de molde + muestra	Peso de muestra	PUC	Promedio	
P1	4809	3181	1.132	1130	
P2	4788	3170	1.129		
Kg/m ³					
 					
YASHIN PHARES BOLO SALDAÑA INGENIERO CIVIL Reg. N° CIP: 253773					
LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD					
WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabaylla CONTACTO: (01)787-1039 - 972434908 - 967085477					

Peso Unitario del cemento endurecido

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING

VICAT LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRA		Laboratorio de Ensayo de Materiales																																																				
CÓDIGO LAB: VC23-LEM-2047		ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1																																																		
PROYECTO	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 230 KG/CM2 EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO COMO AGREGADO GRUESO																																																					
UBICACIÓN	LIMA-PERU																																																					
SOLICITANTE	DALILA HEYDY SIFUENTES ROSARIO	FECHA ENSAYO	13/02/2023																																																			
ATENCIÓN	DALILA HEYDY SIFUENTES ROSARIO	REALIZADO	Téc. Jorge Bolo																																																			
FECHA EMISIÓN	14/02/2023	APROBADO	Ing. Yashin Bolo																																																			
DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO ASTM C128-15																																																						
REFERENCIAS DE LA MUESTRA																																																						
TIPO DE MUESTRA	Agregado Fino	PRESENTACIÓN	A granel																																																			
PROCEDENCIA	Cantera Trapiche	CANTIDAD	0.25 m ³																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">IDENTIFICACION</th> <th>E - 01</th> <th>E - 02</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>Peso muestra saturada con superficie seca (g) S.S.S.</td> <td>500.0</td> <td>600.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>Peso tela o frasco con agua (g)</td> <td>568.0</td> <td>660.2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>Peso muestra S.S.S. dentro del agua + tela o frasco (g)</td> <td>983.8</td> <td>980.6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>Peso muestra seca en horno @ 100°C (g)</td> <td>492.8</td> <td>492.8</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Peso muestra saturada dentro del agua (g)</td> <td>315.8</td> <td>314.4</td> <td>PROMEDIOS</td> </tr> <tr> <td colspan="2">P. Bulk (Base seca) o Peso específico de masa - P.E.M. (g)</td> <td>2.671</td> <td>2.654</td> <td>2.66</td> </tr> <tr> <td colspan="2">P. Bulk (Base S.S.S.) o Peso específico de masa S.S.S.</td> <td>2.711</td> <td>2.694</td> <td>2.70</td> </tr> <tr> <td colspan="2">P. Bulk (Base seca) o Peso específico aparente - P.E.A. - (g)</td> <td>2.783</td> <td>2.764</td> <td>2.77</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Absorción (%)</td> <td>1.51</td> <td>1.49</td> <td>1.50</td> </tr> </tbody> </table>					IDENTIFICACION		E - 01	E - 02		A	Peso muestra saturada con superficie seca (g) S.S.S.	500.0	600.0		B	Peso tela o frasco con agua (g)	568.0	660.2		C	Peso muestra S.S.S. dentro del agua + tela o frasco (g)	983.8	980.6		D	Peso muestra seca en horno @ 100°C (g)	492.8	492.8		Peso muestra saturada dentro del agua (g)		315.8	314.4	PROMEDIOS	P. Bulk (Base seca) o Peso específico de masa - P.E.M. (g)		2.671	2.654	2.66	P. Bulk (Base S.S.S.) o Peso específico de masa S.S.S.		2.711	2.694	2.70	P. Bulk (Base seca) o Peso específico aparente - P.E.A. - (g)		2.783	2.764	2.77	Absorción (%)		1.51	1.49	1.50
IDENTIFICACION		E - 01	E - 02																																																			
A	Peso muestra saturada con superficie seca (g) S.S.S.	500.0	600.0																																																			
B	Peso tela o frasco con agua (g)	568.0	660.2																																																			
C	Peso muestra S.S.S. dentro del agua + tela o frasco (g)	983.8	980.6																																																			
D	Peso muestra seca en horno @ 100°C (g)	492.8	492.8																																																			
Peso muestra saturada dentro del agua (g)		315.8	314.4	PROMEDIOS																																																		
P. Bulk (Base seca) o Peso específico de masa - P.E.M. (g)		2.671	2.654	2.66																																																		
P. Bulk (Base S.S.S.) o Peso específico de masa S.S.S.		2.711	2.694	2.70																																																		
P. Bulk (Base seca) o Peso específico aparente - P.E.A. - (g)		2.783	2.764	2.77																																																		
Absorción (%)		1.51	1.49	1.50																																																		
  <p>ING. YASHIN BOLA INGENIERO CIVIL REG. N° CIP-253773</p>																																																						
LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD																																																						
WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabaylla CONTACTO: (01)787-1039 - 972434908 - 967085477																																																						

Peso específico y absorción del agregado fino

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING

		Laboratorio de Ensayo de Materiales		
CODIGO LAB	ÁREA:	VERSIÓN:	PÁGINAS:	
VC23-LEM-20-08	LAC	1	1 de 1	
PROYECTO	: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO COMO AGREGADO GRUESO			
INDICACIÓN	: TEMA DFR1			
SOLICITANTE	: DALILA HEYDY SIFUENTES ROSARIO	FECHA ENSAYO	: 13/02/2023	
ATENCIÓN	: DALILA HEYDY SIFUENTES ROSARIO	REALIZADO	: Tec. Jorge Bolo	
FECHA EMISIÓN	: 14/02/2023	APROBADO	: Ing. Yashín Bolo	
DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO				
ASTM C127-15				
REFERENCIAS DE LA MUESTRA				
TIPO DE MUESTRA	: Agregado Grueso	PRESENTACIÓN	: A granel	
PROCEDENCIA	: Canteras Trapiche	CANTIDAD	: 0.25 m ³	

IDENTIFICACION	E-01	E-02	
Peso muestra saturada con papel filtro seco (g)	1006.58	1629.85	
Peso canastilla dentro del agua (g)	980.00	980.00	
Peso muestra saturada dentro del agua + canastilla (g)	2745.00	2745.00	
Peso muestra seca en horno @ 105°C (g)	1047.88	1621.51	
Peso muestra saturada dentro del agua (g)	1074.1	1051.4	PROMEDIO
Peso específico de masa - P.E.M. (g)	2.781	2.766	2.788
Peso específico de masa S.S.S.	2.813	2.787	2.800
Peso específico aparente - P.E.A. (g)	2.873	2.844	2.859
Absorción (%)	1.147	1.131	1.14




YASHÍN BOLO SALDAÑA
INGENIERO CIVIL
R.N.º DIP. 253773

LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD

WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabaylla
 CONTACTO: (01)787-1039 - 972434908 - 967085477

Peso específico y absorción del agregado grueso

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING

VICAT LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD GEOTESTING				Laboratorio de Ensayo de Materiales			
CÓDIGO LAB:		ÁREA:		VERSIÓN:		PÁGINAS:	
VC23-LEM-20-09		LAC		1		1 de 1	
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO COMO AGREGADO GRUESO							
UBICACIÓN : UIMA (PERU)							
SOLICITANTE : DALILA HEYDI SIFUENTES ROSARIO				FECHA ENSAYO : 13/02/2023			
ATENCIÓN : DALILA HEYDI SIFUENTES ROSARIO				REALIZADO : Tec. Jorge Bolo			
FECHA EMISIÓN : 14/02/2023				APROBADO : Ing. Yashin Bolo			
DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO ASTM C127-15							
REFERENCIAS DE LA MUESTRA							
TIPO DE MUESTRA : Cemento endurecido				PRESENTACIÓN : A granel			
PROCEDENCIA : Elaboración propia				CANTIDAD : 0.25 m3			
IDENTIFICACION		E-01	E-02				
Peso muestra saturada con superficie seca (g)		3053.00	3028.00				
Peso cascabillo dentro del agua (g)		488.00	488.00				
Peso muestra saturada dentro del agua + cascabillo (g)		2005.00	1980.00				
Peso muestra seca en horno @ 105°C (g)		2370.00	2390.00				
Peso muestra saturada dentro del agua (g)		1538.0	1512.0	PROMEDIO			
Peso opacilico de masa - P.E.M. (g)		1.567	1.577	1.572			
Peso específico de masa @ 3 S.		2.017	1.997	2.007			
Peso opacilico aparente - P.E.A. (g)		2.844	2.722	2.785			
Absorción (%)		28.802	28.695	27.69			




YASHIN BULO SALCAÑA
INGENIERO CIVIL
Reg. N° CIP: 253773

WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabayllo
 CONTACTO: (01)787-1039 - 972434908 - 967085477

Peso específico y absorción del cemento endurecido

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING

 VICAT <small>LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN CEREA</small>	Laboratorio de Ensayo de Materiales			
	CÓDIGO LAB: VC23-LEM-20-010	ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO COMO AGREGADO GRUESO

UBICACIÓN : LIMA-PERÚ

SOLICITANTE : DALILA HEYDY SIFUENTES ROSARIO

FECHA ENSAYO : 13/02/2023

ATENCIÓN : DALILA HEYDY SIFUENTES ROSARIO

REALIZADO : Tec. Jorge Bolo

FECHA EMISIÓN : 14/02/2023

APROBADO : Ing. Yashin Bolo

**CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL EVAPORABLE DE LOS AGREGADOS
ASTM C566-97**

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA : Agregado Fino/Grueso/Cemento endurecido

PRESENTACIÓN : A granel

PROCEDENCIA : Cantera Trapiche

CANTIDAD : 0.25 m³

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	CANTERA
1	Masa del Recipiente	g	489.6	Trapiche
2	Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	1391.6	
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	1389.6	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.2	

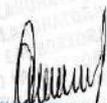
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	CANTERA
1	Masa del Recipiente	g	489.6	Trapiche
2	Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	999.6	
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	996.3	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.67	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL CEMENTO ENDURECIDO

ITEM	DESCRIPCION	UND.	DATOS	CANTERA
1	Masa del Recipiente	g	489.6	Propio
2	Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	969.6	
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	917.7	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	16.80	




YASHIN BOLO BALDARA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CIP. 253773

WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabaylo
 CONTACTO: (01)787-1039 - 972434908 - 967085477

Contenido de humedad total evaporable de los agregados

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING

ANEXO B: DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO CON EL MÉTODO ACI


Laboratorio de Ensayo de Materiales

CÓDIGO LAB: VC13-LEM 20-11	ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1
----------------------------	-----------	------------	-----------------

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm2 EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO COMO AGREGADO GRUESO

UBICACIÓN: ILMU, NGRU

SOLICITANTE: DIALLA HEYDY SIFUENTES ROSARIO

ATENCIÓN: DIALLA HEYDY SIFUENTES ROSARIO

FECHA DE EMISIÓN: 17/02/2022

FECHA DE ENSAYO: 16/02/2023

REALIZADO: Tec. Jorge Bala

APROBADO: Ing. Yordán Bolo

DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO (REFERENCIA ACI 211)

REFERENCIAS DEL DISEÑO: Agregado Fino/Agregado Grueso/ Cemento endurecido

ID DE DISEÑO: PATRON D-1

FECHA DE DISEÑO: 210 kg/cm2

AGREGADO: CEMENTO SOL TIPO I

ASIGNATURA: 2° - 4°

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA
F'c = 294

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO
R/a/c = 0.56

3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA
Agua = 193 L

4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO
Aire = 1.5%

5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO
Cemento = 348 kg

6. FACTOR CEMENTO
Bolsas x m3 = 8.1 Bolsas

6.1 CEMENTO ENDURECIDO TRITURADO
0% = 0.00 kg

7. DATOS DE AGREGADOS PARA DISEÑO

INCUMBO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO		HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO
Cemento SOL TIPO I	3150 kg/m ³	0.1098 m ³		0.20%	1.4%	0.20	1482	1402
Agua	1000 kg/m ³	0.1930 m ³		0.00%	1.80%	2.26	1645	1601
Aire	---	0.0150 m ³		16.80%	27.55%	0.78	954	1130
Aditivo	0 kg/m ³	---						
Agregado grueso huso 56	2768 kg/m ³	---						
Agregado fino	2666 kg/m ³	---						
Cemento Endurecido	1972 kg/m ³	---						

8. PROPORCIÓN DE AGREGADO GRUESO

Agregado grueso huso 56 : PUSAS x FACTOR (TUM o MF) = 1068.5

Cemento Endurecido : REEMPLAZO DEL A. GRUESO por Total Agregado grueso = 0.0

Total Agregado grueso = 1068.5

9. VOLUMEN ABSOLUTO Y PESO DE LOS MATERIALES EN SECO

Cemento SOL TIPO I : = 0.1098 m³ = 345.9 kg

Agua : = 0.1930 m³ = 193.0 L

Aire : = 0.0150 m³ = ---

Agregado grueso huso 56 : = 0.3860 m³ = 1068.5 kg

Cemento Endurecido : = 0.0000 m³ = 0.0 kg

Volumen parcial = 0.7938 m³

10. VOLUMEN Y PESO DEL AGREGADO FINO

Agregado fino = 0.2962 m³ = 787.8 kg

Total Agregado Fino = 787.8

12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD

Agregado grueso huso 56 : 10.04 L

Cemento Endurecido : 0.00 L

Agregado fino : 0.54 L

Total Agua de Diseño = 210 L

13. VOLUMEN PARA TANDA DE PRUEBA = 0.895 m³

- * Cemento SOL TIPO I : 20.400 Kg
- * Agua : 17.81 L
- * Aditivo : 0.000 L
- * Agregado grueso huso 56 : 91.01 Kg
- * Cemento Endurecido : 0.00 Kg
- * Agregado fino : 67.41 Kg

14. PROPORCIÓN EN PESO X BOLSA DE CEMENTO

Cemento Ag Fino Ag Grueso Cem Blado/ Agua

1 : 87.8 kg : 131.5 kg : 0.00 kg : 25.75 L

15. PROPORCIÓN EN VOLUMEN (P/EJ)

Cemento Ag Fino Ag Grueso Cem. Endur. Agua

1 : 0.83 : 2.06 p/ej : 0.12 p/ej : 0.06 p/ej : 25.75 L

*** CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MEZCLA DE CONCRETO**

PUCC	PUCC'	RENDIMIENTO
2418 kg/m ³	2387 kg/m ³	1.01

ELUMF	Tº CONCRETO	Tº AMBIENTE
4 Pulg.	20.0 °C	21.5 °C

H R	TESTIGOS	AIRE
10%	9 Cilindros y 3 Pruebas	2.0%

Importante:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Las condiciones de laboratorio permitieron la ejecución de este diseño. En obra se tendrá que corregir el diseño por humedad las veces que sean necesario.
- * Prohíbe la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de VICAT EPR.





YASMIN PHARES BOLO SALLADIA
INGENIERO CIVIL
Reg. N° CIP: 253773

WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabayillo
 CONTACTO: (01)787-1039 - 972434908 - 967085477

Diseño de Mezcla -Patrón (D0)

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING



VICAT
LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRA

Laboratorio de Ensayo de Materiales

CÓDIGO LAB: YC28-LM-20-12	ARE: LAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1
---------------------------	----------	------------	-----------------

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2 EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO COMO AGREGADO GRUESO

UBICACIÓN: LIMA-PIRU

SOLICITANTE: D. AGLA HENRY SILFENTES ROSARIO

FECHA DE ENVÍO: 16/05/2025

ATENCIÓN: D. AGLA HENRY SILFENTES ROSARIO

REALIZADO: Ing. Jorge Bolo

FECHA DE EMISIÓN: 17/05/2025

APROBADO: Ing. Yasha Bolo

DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO (REFERENCIA ACI 211)

REFERENCIAS DEL DISEÑO

AGREGADO: Agregado Fino/ Agregado Grueso/ Cemento endurecido	ID DE DISEÑO: S.C.E. REEMPLAZO AL 5 % D-2
CEMENTO: Cemento SOL TIPO I	F'c DE DISEÑO: 210 KG/CM2
	ASETAMIENTO: 2" -4"

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA
F'cr = 294

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO
R/a/c = 0.58

3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA
Agua = 193 L

4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO
Aire = 1.8%

5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO
Cemento = 346 kg

6. FACTOR CEMENTO
Bolsas x m3 = 8.1 Bolsas

6.1 CEMENTO ENDURECIDO TRITURADO
5% = 33.43 kg

7. DATOS DE AGREGADOS PARA DISEÑO

INGREDIENTE	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO		HUMEDAD	ABSORCIÓN	MO. FINESZA	P.U. SUELO	P.U. COMPACTADO
Cemento SOL TIPO I	3150 kg/m3	0.1098 m3						
Agua	1000 kg/m3	0.1930 m3						
Aire	---	0.0150 m3						
Aditivo	0 kg/m3	---						
Agregado grueso huso 56	2768 kg/m3	---		0.20%	1.14%	5.88	1467	1502
Agregado fino	2660 kg/m3	---		0.67%	1.50%	2.86	1945	1901
Cemento Endurecido	1572 kg/m3	---		16.80%	27.89%	0.76	954	1130

8. PROPORCIÓN DE AGREGADO GRUESO

Agregado grueso huso 56 : PUGA Y FACTOR (TMN vs ME) : 1015.1

Cemento Endurecido : REEMPLAZO DEL A. ORDEN 5% : 53.4

Taral Agregado grueso : **1068.5**

12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD

Agregado grueso huso 56 : 9.54 L

Cemento Endurecido : 5.82 L

Agregado fino : 6.21 L

Total Agua de Diseño : 215 L

9. VOLUMEN ABSOLUTO Y PESO DE LOS MATERIALES EN SECO

Cemento SOL TIPO I : = 0.1098 m3 : 345.9 kg

Agua : = 0.1930 m3 : 193.0 L

Aire : = 0.0150 m3 : ---

Agregado grueso huso 56 : = 0.3687 m3 : 1015.1 kg

Cemento Endurecido : = 0.0340 m3 : 53.4 kg

Volúmen parcial : = 0.7185 m3

13. VOLUMEN PARA TANDA DE PRUEBA : 0.085 m3

- * Cemento SOL TIPO I : 25.400 kg
- * Agua : 18.24 L
- * Aditivo : 0.000 L
- * Agregado grueso huso 56 : 66.46 kg
- * Cemento Endurecido : 5.30 kg
- * Agregado fino : 64.07 kg

10. VOLUMEN Y PESO DEL AGREGADO FINO

Agregado fino : = 0.2815 m3 : 748.7 kg

Total Agregado Fino : 748.7

14. PROPORCIÓN EN PESO X BOLSA DE CEMENTO

Cemento Ag. Fino Ag. Grueso Cem. Endur. Agua

1 : 82.0 kg : 125.0 kg : 5.56 kg : 28.37 L

11. CORRECCIÓN X HUMEDAD DE LOS MATERIALES

Agregado grueso huso 56 : = 1017.1 kg

Cemento Endurecido : = 52.4 kg

Agregado fino : = 753.8 kg

15. PROPORCIÓN EN VOLUMEN (PES)

Cemento Ag. Fino Ag. Grueso Cem. Endur. Agua

1 m3 : 1.96 m3 : 2.93 m3 : 0.21 m3 : 26.07 L

*** CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MEZCLA DE CONCRETO**

P.U.C.T.	P.U.C.F.	RENDIMIENTO
2388 kg/m3	2344 kg/m3	1.02

S.L.U.M.P.	T° CONCRETO	T° AMBIENTE
4 Pli kg	28.1 °C	30.4 °C

H.R.	TESTIGOS	AIRE
77%	9 Cilindros y 3 Placas	2.0%

Observación : Se usó 5.12 litro de agua para obtener el mismo asentamiento del Patrón.

DOSEIFICACIÓN X M3

Materiales	Diseño Seco	Diseño Humedo
Cemento	346 kg	346 kg
Agua	193 L	215 L
Aire	748.7 kg	753.8 kg
Piedra	1015.1 kg	1017 kg
Cemento Endurecido	53.43 kg	62.70 kg

Importante:

- * Muestras probadas e identificadas por el solicitante
- * Las condiciones de laboratorio permitieron la ejecución de este diseño. En obra se tendrá que corregir el diseño por humedad las veces que sean necesario.
- * Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de VICAT EIRL.





YASHA BOLS BULO SALDANA
INGENIERO CIVIL
RUCM CIP: 253773

WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabayllo
 CONTACTO: (01)787-1039 - 972434908 - 967085477

Diseño de Mezcla – D1

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING



Laboratorio de Ensayo de Materiales

CONTROL LAB. VICES-18433-13 ÁREA: LDC VERSIÓN: 1 PÁGINAS: 1 de 1

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO FC=21.0 (20/CM) EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO COMO AGREGADO GRUESO

UBICACIÓN: ILMAPAERO

SOLICITANTE: DALLA-HENRY S/ENNTES ROSARIO

FECHA DE EMISIÓN: 17/09/2023

FECHA DE ENSAYO: 16/09/2023

REALIZADO: TEO ANZOLOU

APROBADO: Ing. Nestor Ruiz

DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO (REFERENCIA ACI 211)

REFERENCIAS DEL DISEÑO

AGREGADO: Agregado Fino / Agregado Grueso / Cemento endurecido

TIPO DE DISEÑO: C.E. REEMPLAZO AL 15% D-8

CEMENTO: Cemento SOL TIPO I

% DE AGREGO: 110 VOLÚMEN

ANILAMBIENTE: 17°-4°

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA
F_{cr} = 284

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO
R_{a/c} = 0.50

3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA
Agua = 193 L

4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO
Aire = 1.5%

7. DATOS DE AGREGADOS PARA DISEÑO

INGREDIENTE	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento SOL TIPO I	3150 kg/m ³	0.1008 m ³
Agua	1000 kg/m ³	0.1930 m ³
Aire	—	0.0150 m ³
Aditivo	0 kg/m ³	—
Agregado grueso huso 50	2768 kg/m ³	—
Agregado fino	2860 kg/m ³	—
Cemento Endurecido	1572 kg/m ³	—

8. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO
Cemento = 345 kg

6. FACTOR CEMENTO
Bolsas x m³ = 8.1 Bolsas

6.1 CEMENTO ENDURECIDO TRITURADO
15% = 160.26 kg

9. PROPORCIÓN DE AGREGADO GRUESO

Agregado grueso huso 50 : P.U.C. FACTOR (FMN vs MP) : 908.3

Cemento Endurecido : REEMPLAZO AGRG 15% : 160.3

Total Agregado grueso : **1068.6**

9. VOLUMEN ABSOLUTO Y PESO DE LOS MATERIALES EN SECO

Cemento SOL TIPO I	= 0.1008 m ³	345.0 kg
Agua	= 0.1930 m ³	193.0 L
Aire	= 0.0150 m ³	—
Agregado grueso huso 50	= 0.3251 m ³	908.3 kg
Cemento Endurecido	= 0.1020 m ³	160.3 kg
Volumen parcial	= 0.7479 m ³	—

10. VOLUMEN Y PESO DEL AGREGADO FINO

Agregado fino = 0.2521 m³ : 670.6 kg

Total Agregado fino : **670.6**

11. CORRECCIÓN Y HUMEDAD DE LOS MATERIALES

Agregado grueso huso 50 = 110.1 kg

Cemento Endurecido = 137.2 kg

Agregado fino = 675.1 kg

12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD

Agregado grueso huso 50 : 9.54 L

Cemento Endurecido : 17.45 L

Agregado fino : 5.57 L

Total Agua de Diseño : **226 L**

13. VOLUMEN PARA TANDA DE PRUEBA : 0.095 m³

* Cemento SOL TIPO I	29.400 Kg
* Agua	19.006 L
* Aire	0.005 L
* Agregado grueso huso 50	77.36 Kg
* Cemento Endurecido	15.91 Kg
* Agregado fino	67.36 Kg

14. PROPORCIÓN EN PESO X BOLSA DE CEMENTO

Cemento Ag. Fino / Ag. Grueso / Cem. Endur. Agua

1 : 80.0 kg : 111.8 kg : 19.09 kg : 27.99 L

15. PROPORCIÓN EN VOLUMEN (PRE)

Cemento Ag. Fino / Ag. Grueso / Cem. Endur. Agua

1 m³ : 1.19 m³ : 2.06 m³ : 0.02 m³ : 27.99 L

RODEGACIÓN X M³

Materiales	Diseño Seco	Diseño Humedo
Cemento	345 kg	345 kg
Agua	193 L	226 L
Aire	0.015 kg	0.015 kg
Piedra	908.3 kg	910 kg
Cemento endurecido	160.3 kg	167.2 kg

*** CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MEZCLA DE CONCRETO**

PLUCF	PLUCF	RENDIMIENTO
2343 kg/m ³	2333 kg/m ³	1.00

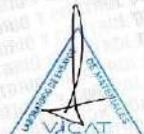
GRUMP	T° CONCRETO	T° AMBIENTE
# FINO	26% °C	26.2 °C

H.R.	TESTIGOS	VAL.
77%	8 Cilindros x 3 Pruebas	2.6%

Observación: Se usó 14.8 litros de agua para obtener el mismo rendimiento de Pastón.

Importante:

- Mostras provistas e identificadas por el solicitante
- Las condiciones de laboratorio permitirán la ejecución de este diseño. En obra se tendrá que corregir el diseño por humedad las veces que sean necesarias.
- Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de VICAT ERL.





YASMINA HERNÁNDEZ BALDARÍA
INGENIERO CIVIL
Reg. N° CIP: 263773

Diseño de Mezcla – D2

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING


Laboratorio de Ensayo de Materiales

CICERO LAB. VIC2-LEM-20-24	ÁREA: IAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1
-------------------------------	--------------	---------------	--------------------

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm² EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO COMO AGREGADO GRUESO

UBICACIÓN: LIMA/PERÚ

SOLICITANTE: DALLA HEWY S PUENTES ROSARIO

ATENCIÓN: DALLA HEWY S PUENTES ROSARIO

FECHA DE EMISIÓN: 17/09/2023

FECHA DE ENSAYO: 18/02/2024

REALIZADO: IREI JOSE RIVERA

APROBADO: Ing. Yessica Rolo

DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO (REFERENCIA ACI 211)

REFERENCIAS DEL DISEÑO

AGREGADO: Agregado fino/Agregado Grueso/Cemento endurecido

CEMENTO: Cemento SOL TIPO I

ID DE DISEÑO: I.C.E. REEMPLAZO AL 25 % D-4

Fc de ensayo: 1730 kg/cm²

ASTAMIENTO: 2' - 4"

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA
F' cr = 234

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO
R ak = 0.58

3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA
Agua = 193 L

4. CANTIDAD DE ARE ATRAPADO
Aire = 4.5%

5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO
Cemento = 345 kg

6. FACTOR CEMENTO
Bolsas x m³ = 8.1 Bolsas

6.1 CEMENTO ENDURECIDO TRITURADO
25% = 237.13 kg

7. DATOS DE AGREGADOS PARA DISEÑO

INSUMIVO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO		HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINZA	P.U. SUELTO	P.U. COMPACTADO
Cemento SOL TIPO I	3150 kg/m ³	0.1096 m ³						
Agua	1000 kg/m ³	0.1930 m ³						
Aire	---	0.0150 m ³						
Aditivo	0 kg/m ³	---						
Agregado grueso haza 56	2765 kg/m ³	---		0.20%	1.14%	0.89	1467	1882
Agregado fino	2680 kg/m ³	---		0.67%	1.50%	2.85	1545	1801
Cemento Endurecido	1572 kg/m ³	---		18.80%	27.65%	6.78	954	1130

8. PROPORCIÓN DE AGREGADO GRUESO

Agregado grueso haza 56 : FUGA x FACTOR (T/M) vs MP : 891.4

Cemento Endurecido : REEMPLAZO DEL A. GRUESO 25% : 287.1

Total Agregado grueso : 1068.8

12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD

Agregado grueso haza 56 : 7.53 L

Cemento Endurecido : 26.09 L

Agregado fino : 4.62 L

Total Agua de Diseño : 38.24 L

9. VOLUMEN ABSOLUTO Y PESO DE LOS MATERIALES EN SECO

Cemento SOL TIPO I : = 0.1096 m³ : 345.9 kg

Agua : = 0.1930 m³ : 193.0 L

Aire : = 0.0150 m³ : ----

Agregado grueso haza 56 : = 0.2859 m³ : 801.4 kg

Cemento Endurecido : = 0.1849 m³ : 287.1 kg

Volumen parcial : = 0.7773 m³

13. VOLUMEN PARA TANDA DE PRUEBA : 0.078 m³

Cemento SOL TIPO I : 26.978

Agua : 18.29

Aire : 0.000

Agregado grueso haza 56 : 62.83

Cemento Endurecido : 24.34

Agregado fino : 46.52

10. VOLUMEN Y PESO DEL AGREGADO FINO

Agregado fino : = 0.2227 m³ : 592.5 kg

Total Agregado Fino : 592.5

14. PROPORCIÓN EN PESO X BOLSA DE CEMENTO

Cemento Ag. Fino Ag. Grueso Cem. Endur. Agua

1 : 73.3 kg : 08.7 kg : 32.82 kg : 28.82 L

11. CORRECCIÓN X HUMEDAD DE LOS MATERIALES

Agregado grueso haza 56 : = 863.9 kg

Cemento Endurecido : = 312.0 kg

Agregado fino : = 596.5 kg

15. PROPORCIÓN EN VOLUMEN (P/E)

Cemento Ag. Fino Ag. Grueso Cem. Endur. Agua

1 pieza : 1.55 pieza : 2.35 pieza : 1.03 pieza : 28.82 L

*** CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MEZCLA DE CONCRETO**

PUCF	ZUCF	RENDIMIENTO
2282 kg/m ³	2304 kg/m ³	0.88

SUMP	T° CONCRETO	T° AMBIENTE
4 F/mg	26.7 °C	27.3 °C

H.R.	TESTIGOS	AIRE
77%	9 Círculos y 3 Prismas	2.5%

DOSIIFICACIÓN X MT

Materiales	Diseño Seco	Diseño Húmedo
Cemento	345 kg	345 kg
Agua	193 L	238 L
Aire	622.9 kg	626.8 kg
Finza	801.4 kg	805 kg
Cemento Endurecido	287.13 kg	392.01 kg

Observación : Se usaron 18.05 hm³ de agua para obtener el número y porcentaje de Pesar.

Importante :

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Las condiciones de laboratorio permitieron la ejecución de este diseño. En obra se tendrá que corregir el diseño por humedad, las veces que sean necesarias.




YESSICA ROLLO CALDANA
INGENIERO CIVIL
REG. N° CIP: 253773

Diseño de Mezcla – D3

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING

ANEXO C: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRABAJABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

 VICAT <small>LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRA</small>	Laboratorio de Ensayo de Materiales			
	CÓDIGO LAB: VC23-LEM-20-21	ÁREA: CONCRETO	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 250 KG/CM² EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO COMO ACREGADO GRUESO
 UBICACIÓN : LIMA-PERU
 SOLICITANTE : DAMAZA HEYDYS SILVANTES ROSARIO
 ATENCIÓN : DAMAZA HEYDYS SILVANTES ROSARIO
 FECHA EMISIÓN : 03/07/2023

FECHA ELABORO : 01/07/2023
 REALIZADO : Tte. Jorge Bolo
 APROBADO : Ing. Fabian Eolo

MÉTODO ESTANDAR PARA LA PRUEBA DE REVENIMIENTO Y TRABAJABILIDAD EN EL TIEMPO DEL CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND - NORMA ASTM C 143

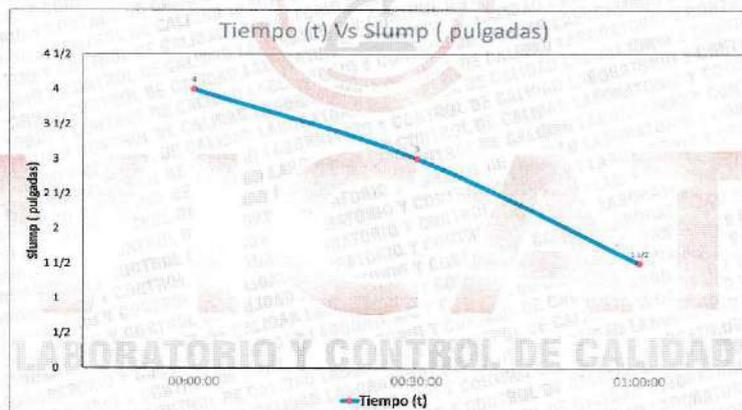
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA : Concreto e Mezclado
 PROCEDENCIA : Laboratorio Vicat Geotesting

PRESENTACIÓN : Muestra Homogénea
 F'c DE LA MUESTRA : 230 kg/cm²

HORA DE INICIO : 10:13:00

IDENTIFICACIÓN	HORA (HH:MM:SS)	TIEMPO TRANSCURRIDO (HH:MM)	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	TEMPERATURA CONCRETO (°C)	SLUMP (Pulg)
DISEÑO PATRON D-1	10:21:00	00:00:00	70.0%	22.10	22.9	4
	10:51:00	00:30:00	71.0%	22.10	22.6	3
	11:21:00	01:00:00	72.0%	22.20	22.4	1 1/2



OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas por el personal técnico de VICAT GEOTESTING.
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT GEOTESTING.




 VICAT
 INGENIEROS CIVILES
 Reg. N° DIP 263773

WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabaylla
 CONTACTO: (01)787-1039 - 972434908 - 967085477

Prueba de revenimiento y trabajabilidad – Patrón

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING

 VICAT LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRA	Laboratorio de Ensayo de Materiales		
	CÓDIGO LAB: VC28-LEM-20-22	ÁREA: CONCRETO	VERSIÓN: 1	PÁGINA: 1 de 1

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 230 KG/CM2 EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO COMO AGREGADO GRUESO

UBICACIÓN : LIMA-PESI

SOLICITANTE : DALEA HEYDY SIUENTES ROSARIO

ATENCIÓN : DALEA HEYDY SIUENTES ROSARIO

FECHA EMISIÓN : 05/07/2023

FECHA ENSAYO : 01/07/2023

REALIZADO : Ing. Jorge Robi

APROBADO : Ing. Yashin Robi

**MÉTODO ESTANDAR PARA LA PRUEBA DE REVENIMIENTO Y TRABAJABILIDAD EN EL TIEMPO DEL
CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND - NORMA ASTM C 143**

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA : Concreto endurecido

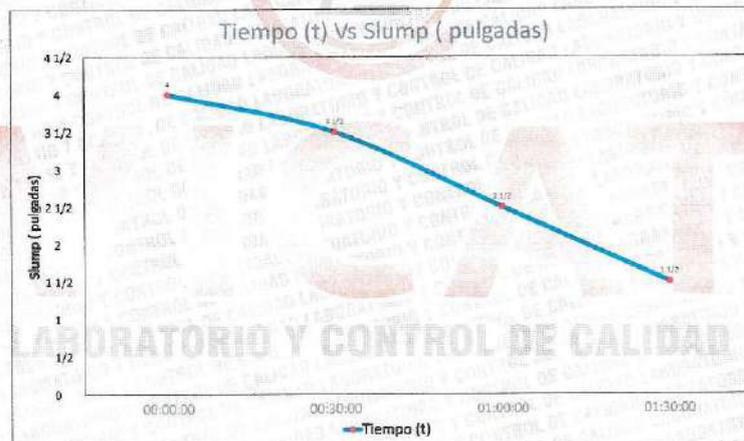
PROCEDENCIA : Laboratorio Vicat Geotesting

PRESENTACIÓN : Mezcla Homogénea

F'c DE LA MUESTRA : 210 Kg/cm2

HORA DE INICIO : 10:46:08

IDENTIFICACIÓN	HORA (HH:MM:SS)	TIEMPO TRANSCURRIDO (HH:MM)	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	TEMPERATURA CONCRETO (°C)	SLUMP (Pulg)
DISEÑO REEMPLAZO 5% C. E D-2	10:48:00	00:00:00	72.0%	22.1C	22.8	4
	11:18:00	00:30:00	72.0%	22.2C	22.8	3 1/2
	11:48:00	01:00:00	73.0%	22.3C	22.8	2 1/2
	12:18:00	01:30:00	72.0%	22.3C	22.6	1 1/2



OBSERVACIONES:

- Muestras elaboradas por el personal técnico de VICAT GEOTESTING.
- Prohíbe la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT GEOTESTING.



YASHIN ROBILSON ROBILSON
INGENIERO CIVIL
N° CR: 253773

WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabaylo
 CONTACTO: (01)787-1039 - 972434908 - 967085477

Prueba de revenimiento y trabajabilidad - remplazo 05% C.E

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING



Laboratorio de Ensayo de Materiales

CÓDIGO LAB: VC33-LEM-20-23	ÁREA: CONCRETO	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1
-------------------------------	-------------------	---------------	--------------------

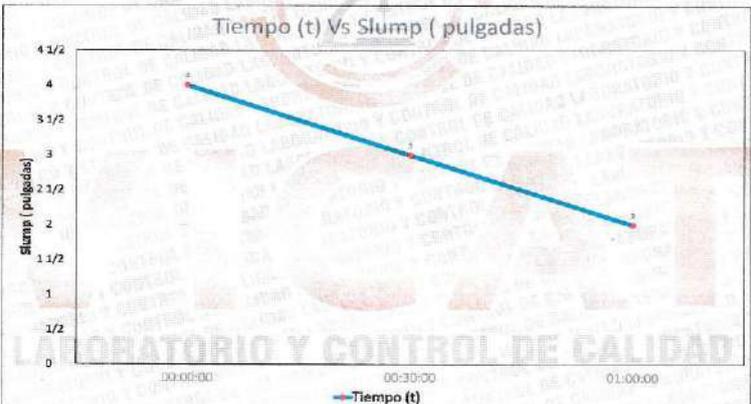
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 21.0 kg/cm² EMPLEANDO EL CEMENTO ENDUREC 30 COMO AGREGADO GRUESO
UBICACIÓN : LIMA-PUR
SOLICITANTE : DALIA HEYDY SIRVENTES ROSARIO
FECHA ENSAYO : 01/07/2023
ATENCIÓN : DALIA HEYDY SIRVENTES ROSARIO
REALIZADO : Ing. Jorge Bola
FECHA EMISIÓN : 01/07/2023
APROBADO : Ing. Jesús Bola

MÉTODO ESTANDAR PARA LA PRUEBA DE REVENIMIENTO Y TRABAJABILIDAD EN EL TIEMPO DEL CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND - NORMA ASTM C 143

REFERENCIAS DE LA MUESTRA
TIPO DE MUESTRA : Concreto endurecido
PRESENTACIÓN : Mezcla Homogénea
PROCEDENCIA : Laboratorio Vicat Geotesting
FC DE LA MUESTRA : 21.0 kg/cm²

HORA DE INICIO : 11:05:00

IDENTIFICACIÓN	HORA (HH:MM:SS)	TIEMPO TRANSCURRIDO (HH:MM)	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	TEMPERATURA CONCRETO (°C)	SLUMP (Pulg)
DISEÑO REEMPLAZO 15% C.E. D-3	11:14:00	00:00:00	72.0%	22.10	22.8	4
	11:44:00	00:30:00	72.0%	22.20	22.7	3
	12:14:00	01:00:00	72.0%	22.20	22.6	2



OBSERVACIONES:
 * Muestras elaboradas por el personal técnico de VICAT GEOTESTING.
 * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT GEOTESTING.




 YASMIN ARELLANO BOLA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CIP: 253773

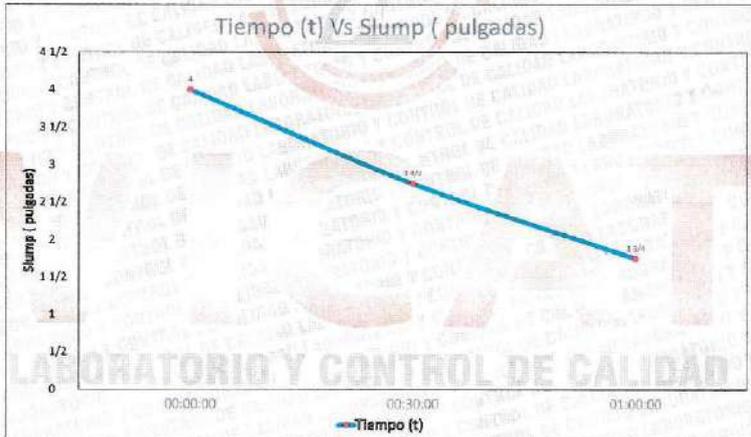
WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabaylo
 CONTACTO: (01)787-1039 - 972434908 - 967085477

Prueba de revenimiento y trabajabilidad – remplazo 15% C.E

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING

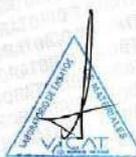
 Laboratorio de Ensayo de Materiales		CÓDIGO LAB:	ÁREA:	VERSIÓN:	PÁGINAS:	
		VC25-LEM-20-24	CONCRETO	1	1 de 1	
PROYECTO:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F.C. - 210 (0) EN/2 EMPLEANDO EL CEMENTO EN/0 RECIBIDO COMO AGREGADO ORUGO					
UBICACIÓN:	LIMA-PERÚ	FECHA ENSAYO:	01/07/2023			
SOLICITANTE:	DALILA HEYDÍ SIFUENTES ROSARIO	REALIZADO:	Ter. Jorge Bolo			
ATENCIÓN:	DALILA HEYDÍ SIFUENTES ROSARIO	APROBADO:	Ing. Yashin Bolo			
FECHA EMISIÓN:	02/07/2023					
MÉTODO ESTANDAR PARA LA PRUEBA DE REVENIMIENTO Y TRABAJABILIDAD EN EL TIEMPO DEL CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND - NORMA ASTM C 143						
REFERENCIAS DE LA MUESTRA		PRESENTACIÓN				
TIPO DE MUESTRA:	Controlo empírico	Muestra homogénea				
PROCEDENCIA:	Laboratorio Vicat Geotesting	FC DE LA MUESTRA:	230 kg/m ²			
HORA DE INICIO:	11:00:00					
IDENTIFICACIÓN	HORA (HH:MM:SS)	TIEMPO TRANSCURRIDO (HH:MM)	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	TEMPERATURA CONCRETO (°C)	SLUMP (Pulg)
DISEÑO REEMPLAZO 25% C.E. D-4	12:07:00	00:00:00	72.0%	22.20	22.0	4
	12:37:00	00:30:00	72.0%	22.30	22.0	2 3/4
	13:07:00	01:00:00	71.0%	22.20	22.6	1 3/4

Tiempo (t) Vs Slump (pulgadas)



OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas por el personal técnico de VICAT GEOTESTING.
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT GEOTESTING.




YASHIN BOLO SALDANA
INGENIERO CIVIL
N° CIP: 253773

WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabayllo
 CONTACTO: (01)787-1039 - 972434908 - 967085477

Prueba de revenimiento y trabajabilidad – remplazo 25% C.E

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING

 Laboratorio de Ensayo de Materiales <small>LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN CEREA</small>	CÓDIGO LAB:	ÁREA:	VERSIÓN:	PÁGINAS:
	VC23-LI-M-020-15	CONCRETO	1	1 de 1

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 310 MPa/Mm EMPLEADO EL CEMENTO EN CUMBRIDEC COMO AGREGADO GRUESO

UBICACIÓN: UTM - PERÚ

SOLICITANTE: DALLA HENRY PUENTES ROSARIO

ATILADÓN: DALLA HENRY PUENTES ROSARIO

FECHA EMISIÓN: 24/02/2023

FECHA ENSAYO: 15/02/2023

LABORANTE: Ing. Jorge Bolo

APROBADO: Ing. Yachay Bolo

**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN
ASTM C39 / NTP 339.034**

REFERENCIAS DE LA MUESTRA:

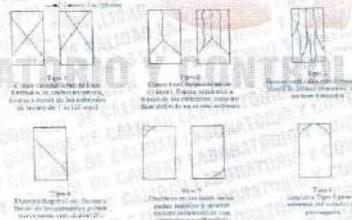
TIPO DE MUESTRA: Concreto endurecido

PROCEDENCIA: Laboratorio Vicat

PRESENTACIÓN: Probetas Cilíndricas de 6x32"

PC DE LA MUESTRA: 1230 kg/cm³

IDENTIFICACIÓN	Fecha de Muestreo	Edad (días)	Fecha de Rotura	Dímetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Tipo de falla	Relación Altura / Dímetro	Fuerza máxima (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	%
PATRON D-1	16/02/2023	7	23/02/2023	15.20	30.50	181.5	2	2.01	40380.91	223 kg/cm ²	108.0%
	16/02/2023	7	23/02/2023	15.20	30.50	181.5	2	2.01	40887.71	225 kg/cm ²	107.3%
	16/02/2023	7	23/02/2023	15.20	30.50	181.5	3	2.01	40176.97	221 kg/cm ²	108.4%
C.E. REEMPLAZO AL 5 % D-2	16/02/2023	7	23/02/2023	15.20	30.50	181.5	3	2.01	41907.43	231 kg/cm ²	110.0%
	16/02/2023	7	23/02/2023	15.20	30.50	181.5	3	2.01	41571.94	229 kg/cm ²	109.1%
	16/02/2023	7	23/02/2023	15.20	30.50	181.5	2	2.01	42899.77	235 kg/cm ²	107.3%
C.E. REEMPLAZO AL 15 % D-3	16/02/2023	7	23/02/2023	15.20	30.50	181.5	3	2.01	43066.39	237 kg/cm ²	110.0%
	16/02/2023	7	23/02/2023	15.20	30.50	181.5	5	2.01	42852.85	235 kg/cm ²	111.9%
	16/02/2023	7	23/02/2023	15.20	30.50	181.5	3	2.01	41298.66	228 kg/cm ²	109.4%
C.E. REEMPLAZO AL 25 % D-4	16/02/2023	7	23/02/2023	15.20	30.50	181.5	5	2.01	42809.89	236 kg/cm ²	112.3%
	16/02/2023	7	23/02/2023	15.20	30.50	181.5	3	2.01	42824.30	235 kg/cm ²	111.9%
	16/02/2023	7	23/02/2023	15.20	30.50	181.5	3	2.01	42522.92	234 kg/cm ²	111.6%



Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:
 * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT GEOTESTING



[Signature]
 YASMIN PARES BOLA BALDANA
 INGENIERO CIVIL
 N° CIP: 253773

Prueba de resistencia a la compresión – edad 7 días

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING

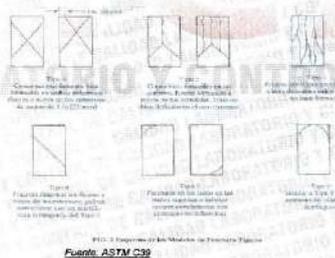
	Laboratorio de Ensayo de Materiales		
	CÓDIGO LAB: VC2-LEM-020-12	ÁREA: CONCRETO	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 230 (10) KG EN PLAZO DE 14 DÍAS COMO AGREGADO GRAVE
UBICACIÓN: (LIMA PERU)
SOCIEDAD: DALLA VENTY SEIS S.A.S
ATENCIÓN: DALLA VENTY SEIS S.A.S
FECHA EMISIÓN: 08/08/2023
FECHA ENSAYO: 06/08/2023
REALIZADO: Frc. Jorge Soto
AFIRMADO: Frc. Yalwa Soto

**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN
ASTM C39 / NTP 339.034**

REFERENCIAS DE LA MUESTRA:
TIPO DE MUESTRA: Concreto endurecido
PROCEDENCIA: Laboratorio Vicat
PREPARACIÓN: Fc de la muestra
Procesos utilizados de sala: 230 kg/cm2

IDENTIFICACIÓN	Fecha de Muestreo	Edad (días)	Fecha de Rotura	Díámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Tipo de Falla	Relación Altura / Diámetro	Fuerza máxima (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	%
PATRON D-1	16/02/2023	14	2/03/2023	15.20	30.50	181.5	3	2.01	42051.21	282 kg/cm ²	110.4%
	16/02/2023	14	2/03/2023	15.20	30.50	181.5	3	2.01	42215.41	233 kg/cm ²	110.8%
	16/02/2023	14	2/03/2023	15.20	30.50	181.5	3	2.01	41604.58	229 kg/cm ²	109.2%
C.E. REEMPLAZO AL 8 % D-2	16/02/2023	14	2/03/2023	15.20	30.50	181.5	3	2.01	43072.97	237 kg/cm ²	112.0%
	16/02/2023	14	2/03/2023	15.20	30.50	181.5	5	2.01	43322.90	239 kg/cm ²	113.7%
	16/02/2023	14	2/03/2023	15.20	30.50	181.5	2	2.01	43011.79	237 kg/cm ²	112.9%
C.E. REEMPLAZO AL 16 % D-3	16/02/2023	14	2/03/2023	15.20	30.50	181.5	3	2.01	44863.70	247 kg/cm ²	117.7%
	16/02/2023	14	2/03/2023	15.20	30.50	181.5	2	2.01	43847.95	242 kg/cm ²	115.1%
	16/02/2023	14	2/03/2023	15.20	30.50	181.5	3	2.01	43562.44	240 kg/cm ²	114.3%
C.E. REEMPLAZO AL 25 % D-4	16/02/2023	14	2/03/2023	15.20	30.50	181.5	2	2.01	45020.64	248 kg/cm ²	118.1%
	16/02/2023	14	2/03/2023	15.20	30.50	181.5	3	2.01	45173.60	249 kg/cm ²	118.5%
	16/02/2023	14	2/03/2023	15.20	30.50	181.5	3	2.01	44867.68	247 kg/cm ²	117.7%



OBSERVACIONES:
 * Muestras ensayadas a solicitud del cliente.
 * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT GEOTESTING



WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabayllo
 CONTACTO: (01)787-1039 - 972434908 - 967085477

Prueba de resistencia a la compresión – edad 14 días

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING

VICAT Laboratorio de Ensayo de Materiales

PROYECTO : EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL CONCRETO F'c = 210 MPa (C40) EMPLEANDO EL CEMENTO INCLUIDO COMO AGREGADO GRUISO
 UBICACION : UMA-PEU
 SOLICITANTE : DAULA HENRY BRUNTES ROSARIO
 ATENCION : DAULA HENRY BRUNTES ROSARIO
 FECHA EMISION : 27/08/2023
 FORMA ENSAYO REALIZADO : 1603/2023
 APROBADO : Ing. Jorge Bolo

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN ASTM C39/ NTP 339.034

REFERENCIAS DE LA MUESTRA
 TIPO DE MUESTRA : Concreto endurecido
 PROCEDENCIA : Laboratorio Vicat
 PRESENTACIÓN PROBETA MUESTRA : Probetas Cilíndricas de 5x17"
 220x95mm

IDENTIFICACIÓN	Fecha de Muestreo	Edad (días)	Fecha de Rotura	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Tipo de falla	Relación Altura / Diámetro	Fuerza máxima (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	%
PATRON D-1	16/02/2023	28	16/03/2023	15.10	30.20	179.1	5	2.00	49111.75	274 kg/cm ²	130.6%
	16/02/2023	28	16/03/2023	15.20	30.50	181.5	5	2.01	49210.00	255 kg/cm ²	121.3%
	16/02/2023	28	16/03/2023	15.10	30.20	179.1	3	2.00	47416.98	265 kg/cm ²	128.1%
C.E. REEMPLAZO AL 6 % D-2	16/02/2023	28	16/03/2023	15.20	30.50	181.5	3	2.01	49515.52	273 kg/cm ²	129.0%
	16/02/2023	28	16/03/2023	15.20	30.50	181.5	5	2.01	50037.86	276 kg/cm ²	131.8%
	16/02/2023	28	16/03/2023	15.10	30.20	179.1	3	2.00	49966.28	278 kg/cm ²	132.0%
C.E. REEMPLAZO AL 16 % D-3	16/02/2023	28	16/03/2023	15.20	30.50	181.5	5	2.01	50670.91	278 kg/cm ²	133.0%
	16/02/2023	28	16/03/2023	15.20	30.50	181.5	2	2.01	51488.72	284 kg/cm ²	138.1%
	16/02/2023	28	16/03/2023	15.20	30.50	181.5	5	2.01	50170.22	276 kg/cm ²	131.7%
C.E. REEMPLAZO AL 26 % D-4	16/02/2023	28	16/03/2023	15.20	30.50	181.5	5	2.01	50384.39	281 kg/cm ²	133.7%
	16/02/2023	28	16/03/2023	15.10	30.20	179.1	3	2.00	52862.28	295 kg/cm ²	140.6%
	16/02/2023	28	16/03/2023	15.20	30.50	181.5	3	2.01	51903.75	286 kg/cm ²	136.2%



FIC. 2. Ejemplos de las Modos de Falla de las Probetas.

OBSERVACIONES:
 * Muestras ensayadas a solicitud del cliente.
 * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT GEOTESTING



WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabaylla
 CONTACTO: (01)787-1039 - 972434908 - 967085477

Prueba de resistencia a la compresión – edad 28 días

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING

VICAT LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS		Laboratorio de Ensayo de Materiales				
CÓDIGO LAB: VC23-LEM-020-15		ÁREA: CONCRETO	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1		
PROYECTO	: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 kg/cm ² EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO COMO AGREGADO GRUESO					
UBICACIÓN	: LIMA-PERÚ		FECHA ENSAYO	: 23/02/2023		
SOLICITANTE	: DALLILA HEVOY SIFUENTES ROSARIO		REALIZADO	: Tec. Jorge Bolo		
ATENCIÓN	: DALLILA HEVOY SIFUENTES ROSARIO		APROBADO	: Ing. Yashin Bolo		
FECHA EMISIÓN	: 24/02/2023					
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78 / NTP 339.078						
REFERENCIAS DE LA MUESTRA						
TIPO DE MUESTRA	: Concreto endurecido		PRESENTACIÓN	: Testigos prismáticos (vigas)		
PROCEDECENCIA	: Laboratorio Vicat		F'c DE LA MUESTRA	: 210 kg/cm ²		
IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
PATRÓN D-1	16/02/2023	23/02/2023	7 días	TERCIO CENTRAL	46.0	36.2 kg/cm ²
	18/06/2022	23/02/2023	7 días	TERCIO CENTRAL	46.0	36.5 kg/cm ²
C.E. REEMPLAZO AL 5 % D-2	18/06/2022	23/02/2023	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	37.5 kg/cm ²
	18/06/2022	23/02/2023	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	37.1 kg/cm ²
C.E. REEMPLAZO AL 15 % D-3	19/06/2022	23/02/2023	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	37.3 kg/cm ²
	19/06/2022	23/02/2023	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	37.3 kg/cm ²
C.E. REEMPLAZO AL 26 % D-4	19/06/2022	23/02/2023	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	41.6 kg/cm ²
	19/06/2022	23/02/2023	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	41.6 kg/cm ²

Fuente: ASTM C78

OBSERVACIONES:

- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT GEOTESTING

YASHIN BOLA SALDARRI
 INGENIERO CIVIL
 N° CIP: 253773

WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabayllo
 CONTACTO: (01)787-1039 - 972434908 - 967085477

Prueba de resistencia a la flexión – edad 7 días

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING

Laboratorio de Ensayo de Materiales			
	CÓDIGO LAB: VC25-LEM-020-18	ÁREA: CONCRETO	VERSIÓN: 1
			PÁGINAS: 1 de 1

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM² EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO CGMO AGREGADO GRUESO

UBICACIÓN : LIMA-PERU

SOLICITANTE : DALILA HEYDY S/FUENTES ROSARIO

ATENCIÓN : DALILA HEYDY S/FUENTES ROSARIO

FECHA EMISIÓN : 3/09/2023

FECHA ENSAYO : 2/02/2023

REALIZADO : Tec. Jorge Bolo

APROBADO : Ing. Yashin Bolo

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO
ASTM C78 / NTP 339.078**

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

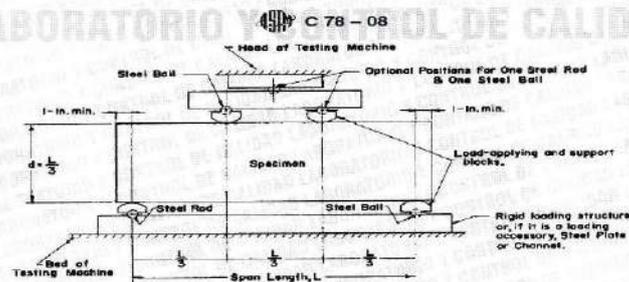
TIPO DE MUESTRA : Concreto endurecido

PROCEDENCIA : Laboratorio Vicat

PRESENTACIÓN : Testigos prismáticos (vigas)

F'c DE LA MUESTRA : 210 kg/cm²

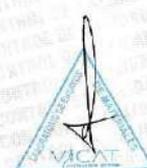
IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
PATRÓN D-1	16/02/2023	2/03/2023	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	49.6 kg/cm ²
	18/06/2022	2/03/2023	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	50.0 kg/cm ²
C.E. REEMPLAZO AL 5 % D-2	18/06/2022	2/03/2023	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	48.9 kg/cm ²
	18/06/2022	2/03/2023	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	48.1 kg/cm ²
C.E. REEMPLAZO AL 15 % D-3	18/06/2022	2/03/2023	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	49.5 kg/cm ²
	18/06/2022	2/03/2023	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	49.7 kg/cm ²
C.E. REEMPLAZO AL 25 % D-4	18/06/2022	2/03/2023	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	52.2 kg/cm ²
	18/06/2022	2/03/2023	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	51.4 kg/cm ²



OBSERVACIONES:

- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT GEOTESTING

Fuente: ASTM C78



Jorge Bolo
Jorge Bolo Maldara
INGENIERO CIVIL
N° CIP: 25373

WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabaylo
CONTACTO: (01)787-1039 - 972434908 - 967085477

Prueba de resistencia a la flexión – edad 14 días

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING

VICAT LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS		Laboratorio de Ensayo de Materiales				
CÓDIGO LAB: VC23-LEM-020-20		ÁREA: CONCRETO	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 3 de 1		
PROYECTO	: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM ² EMPLEANDO EL CEMENTO ENDURECIDO COMO AGREGADO GRUESO					
UBICACIÓN	: LIMA-PERÚ		FECHA ENSAYO	: 16/03/2023		
SOLICITANTE	: DALLA HEYDY SIFUENTES ROSARIO		REALIZADO	: Tte. Jorge Bolo		
ATENCIÓN	: DALLA HEYDY SIFUENTES ROSARIO		APROBADO	: Ing. Yashin Bolo		
FECHA EMISIÓN	: 17/03/2023					
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78 / NTP 339.078						
REFERENCIAS DE LA MUESTRA						
TIPO DE MUESTRA	: Concreto endurecido		PRESENTACIÓN	: Testigos prismáticos (vigas)		
PROCEDECIA	: Laboratorio Vicat		F'C DE LA MUESTRA	: 210 kg/cm ²		
IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
PATRON D-1	16/02/2023	16/03/2023	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	63.0 kg/cm ²
	18/06/2022	10/03/2023	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	64.1 kg/cm ²
C.E. REEMPLAZO AL 5 % D-2	18/06/2022	16/03/2023	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	65.8 kg/cm ²
	18/06/2022	16/03/2023	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	65.3 kg/cm ²
C.E. REEMPLAZO AL 15 % D-3	18/05/2022	16/03/2023	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	68.0 kg/cm ²
	15/03/2022	16/03/2023	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	67.8 kg/cm ²
C.E. REEMPLAZO AL 25 % D-4	18/09/2022	16/03/2023	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	68.0 kg/cm ²
	18/09/2022	16/03/2023	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	68.9 kg/cm ²

Espec: ASTM C78

OBSERVACIONES:

- * Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- * Prohíbe la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT GEOTESTING

WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabayllo
 CONTACTO: (01)787-1039 - 972434908 - 967085477

Prueba de resistencia a la flexión – edad 28 días

Nota. Laboratorio VICATGEOTESTING

ANEXO D: INSTRUMENTOS – FICHAS TÉCNICAS

FICHA TÉCNICA N°01

Indicador N°01: Trabajabilidad

Universidad: Universidad Nacional Federico Villareal

Facultad: Ingeniería Civil

Título de investigación: Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto F'C 210 kg/cm² empleando el cemento endurecido como agregado grueso.

Tesis: Dalila Heydy Sifuentes Rosario

Tiempo	Patrón (pulgadas)	D1 (pulgadas)	D2 (Pulgadas)	D3 (pulgadas)
0 minutos
30 minutos
60 minutos
Promedio				

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

 ING. MANUEL VILCOSLADA TRUJILLANO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 81343

CIP = 81343 Puntaje: 0.9

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 Consejo Departamental Arequipa - Huancayo

 HUANUCO GUILLEN JUAN PABLO
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 153075

CIP = 153075 Puntaje: 0.90

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

 BERNABE TORRES
 HERSON PEDRO BERNABE TORRES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 224123

CIP = 224123 PUNTAJE: 0.80.

FICHA TÉCNICA N°02

Indicador N°02: Densidad

Universidad: Universidad Nacional Federico Villareal**Facultad:** Ingeniería Civil**Título de investigación:** Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto F'C 210 kg/cm² empleando el cemento endurecido como agregado grueso.**Tesista:** Dalila Heydy Sifuentes Rosario

Densidad	Agregado grueso de cemento endurecido (%)	PUCF (kg/m ³)
Patrón 0% cemento endurecido
D1 5% cemento endurecido
D2 15% cemento endurecido
D3 25% cemento endurecido

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

 ING. MANUEL VILLOSLADA TRUJILLANO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 81343

CIP = 81343 Puntaje: 0.9

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 Consejo Departamental Arequipa y Miazra

 GIANLUCA GUILLEN JUAN PABLO
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 153075

CIP: 153075 Puntaje: 0.90

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

 HERSON PEDRO BERNABE TORRES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 224123

CIP = 224123 PUNTAJE : 0.80

FICHA TÉCNICA N°03

Indicador N°03: Resistencia a la compresión

Universidad: Universidad Nacional Federico Villareal**Facultad:** Ingeniería Civil**Título de investigación:** Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto F'C 210 kg/cm² empleando el cemento endurecido como agregado grueso.**Tesista:** Dalila Heydy Sifuentes Rosario

DISEÑO	MUESTRA	EDAD 7 DÍAS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO A LOS 7 DÍAS (kg/cm ²)
Patrón 0% cemento endurecido	1	...	
	2	...	...
	3	...	
D1 5% cemento endurecido	1	...	
	2	...	...
	3	...	
D2 15% cemento endurecido	1	...	
	2	...	...
	3	...	
D3 25% cemento endurecido	1	...	
	2	...	...
	3	...	

DISEÑO	MUESTRA	EDAD 14 DÍAS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO A LOS 14 DÍAS (kg/cm ²)
Patrón 0% cemento endurecido	1	...	
	2	...	...
	3	...	
D1 5% cemento endurecido	1	...	
	2	...	...
	3	...	
D2 15% cemento endurecido	1	...	
	2	...	...
	3	...	
D3 25% cemento endurecido	1	...	
	2	...	...
	3	...	

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

 ING. MANUEL VILLOSLADA TRUJILLANO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 81343

CIP = 81343
 puntaje : 0.9

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
 Consejo Departamental Huancayo - Huancayo

 HUANCCO GUILLÉN JUAN PABLO
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 153075

CIP: 153075
 Puntaje: 0.90

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

 HERNANDEZ PEDRO BERNARDO TORRES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 224123

CIP=224123
 PUNTAJE: 0.80

DISEÑO	MUESTRA	EDAD 28 DÍAS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO A LOS 28 DÍAS (kg/cm ²)
Patrón	1	...	
0% cemento endurecido	2	...	...
	3	...	
D1	1	...	
5% cemento endurecido	2	...	...
	3	...	
D2	1	...	
15% cemento endurecido	2	...	...
	3	...	
D3	1	...	
25% cemento endurecido	2	...	...
	3	...	


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Manuel Vilcoslada
 ING. MANUEL VILCOSLADA TRUJILLANO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 81343

CIP: 81343 puntaje = 0.90


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
 Consejo Departamental
Guillermo Guillen
 HUANUCO GUILLÉN GUILLÉN
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 153075

CIP: 153075 puntaje: 0.90


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Bernabe Torres
 HERSON PEDRO BERNABE TORRES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 224123

CIP = 224123 PUNTAJE = 0.80.

FICHA TÉCNICA N°04

Indicador N°04: Resistencia a la flexión

Universidad: Universidad Nacional Federico Villarreal**Facultad:** Ingeniería Civil**Título de investigación:** Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto F'C 210 kg/cm² empleando el cemento endurecido como agregado grueso.**Tesista:** Dalila Heydy Sifuentes Rosario

DISEÑO	MUESTRA	EDAD 7 DÍAS	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN PROMEDIO A LOS 7 DÍAS (kg/cm ²)
Patrón 0% cemento endurecido	1	...	
	2	...	...
D1 5% cemento endurecido	1	...	
	2	...	...
D2 15% cemento endurecido	1	...	
	2	...	...
D3 25% cemento endurecido	1	...	
	2	...	...

DISEÑO	MUESTRA	EDAD 14 DÍAS	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN PROMEDIO A LOS 14 DÍAS (kg/cm ²)
Patrón 0% cemento endurecido	1	...	
	2	...	...
D1 5% cemento endurecido	1	...	
	2	...	...
D2 15% cemento endurecido	1	...	
	2	...	...
D3 25% cemento endurecido	1	...	
	2	...	...

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

 ING. MANUEL VILLARREAL TRUJILIANO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 21343

CIP: 81343
 Puntaje: 0.90

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 Consejo Departamental Arequipa - Huacapistán

 HUANURO GUILLEN JUAN PABLO
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 153075

CIP: 153075
 Puntaje: 0.90

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ

 HERRERA PEDRO BERNABE TORRES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 224123

CIP = 224123
 PUNTAJE: 0.80

DISEÑO	MUESTRA	EDAD 28 DÍAS	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN PROMEDIO A LOS 28 DÍAS (kg/cm ²)
Patrón	1	...	...
0% cemento endurecido	2	...	...
D1	1	...	...
5% cemento endurecido	2	...	...
D2	1	...	...
15% cemento endurecido	2	...	...
D3	1	...	...
25% cemento endurecido	2	...	...


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 Consejo Departamental Tarma
 ING. MARCEL VILGOSLADA TRUJILANO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 81343

CIP: 81343 Puntaje: 0.90


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 Consejo Departamental Arequipa y Huancayo
 HUANUCO GUILLEN JUAN PABLO
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 153075

CIP: 153075 Puntaje: 0.90


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 Consejo Departamental Arequipa y Huancayo
 HERSON PEDRO BERNABE TORRES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 224123

CIP = 224123 PUNTAJE: 0.80.

ANEXO E: MATRIZ DE CONSISTENCIA

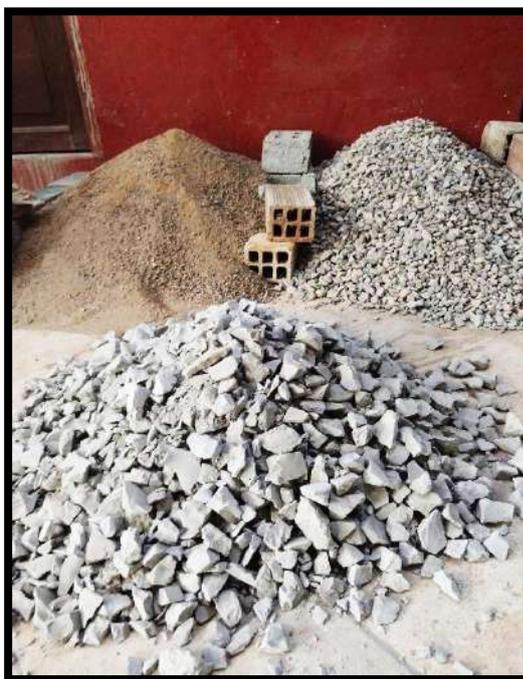
TÍTULO: Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto F'c 210 kg/cm2 empleando el cemento endurecido como agregado grueso								
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	ENSAYO	METODOLOGÍA
¿De qué manera el cemento endurecido como agregado grueso influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto?	Evaluar en qué manera el cemento endurecido como agregado grueso influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto	El cemento endurecido como agregado grueso influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas del concreto	Independiente: Cemento endurecido como agregado grueso	Dosificación de cemento endurecido como agregado grueso	0%, 5%, 15%, y 25% del peso del agregado grueso.	gr		1. Enfoque de Investigación: Cuantitativo 2. Tipo de Investigación: Aplicativo 3. Nivel de Investigación: Explicativo 4. Diseño de Investigación: Cuasi-Experimental 5. Método: Inductivo 6. Población: La producción del concreto, por medio de los diseños de mezclas, empleando el cemento como agregado grueso respecto a un desempeño de un concreto F'c=210 kg/cm2 (método del ACI-211) en el departamento de Lima
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS		Características técnicas del agregado grueso del cemento	Granulometría, Contenido de humedad, porcentaje de absorción, peso específico y peso unitario	gr, %, %, gr/cm3, gr/cm3			POR CADA INDICADOR TRES Ensayo de granulometría, Ensayo de contenido de humedad, Ensayo de porcentaje de absorción, Ensayo de peso específico, Ensayo de peso unitario
¿En qué medida el cemento endurecido como agregado grueso influye en la trabajabilidad?	Determinar en qué medida el cemento endurecido como agregado grueso influye en la trabajabilidad.	El cemento endurecido como agregado grueso influye significativamente en la trabajabilidad.	Dependiente: Propiedades físicas y propiedades mecánicas	Propiedades físicas	trabajabilidad	Pulg	Ensayo de trabajabilidad	
¿De qué modo el cemento endurecido como agregado grueso influye en la densidad?	Establecer de qué modo el cemento endurecido como agregado grueso influye en la densidad	El cemento endurecido como agregado grueso influye significativamente en la densidad			densidad por probeta	Kg/m3	Ensayo de densidad	
¿En qué sentido el cemento endurecido como agregado grueso influye en la resistencia a la compresión?	Analizar en qué sentido el cemento endurecido como agregado grueso influye en la resistencia a la compresión	El cemento endurecido como agregado grueso influye en la mejora de la resistencia a la compresión		Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión	kg/cm2	Ensayo de compresión	
¿De qué manera el cemento endurecido como agregado grueso influye en la resistencia a la flexión?	Identificar en qué manera el cemento endurecido como agregado grueso influye en la resistencia a la flexión	El cemento endurecido como agregado grueso influye en la mejora de la resistencia a la flexión			Resistencia a la flexión	kg/cm2	Ensayo de flexión	

Nota. Elaboración propia

ANEXO F: PANEL FOTOGRÁFICO

AGREGADOS

Se encuentra el agregado grueso, el agregado fino y el cemento endurecido



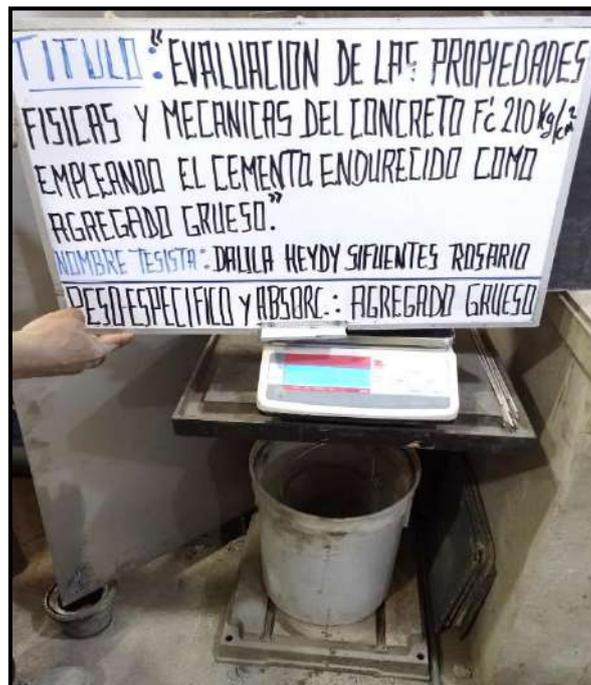
ENSAYO PARA EL AGREGADO FINO

Se encuentra el ensayo de peso específico, absorción, peso unitario, humedad y granulometría.

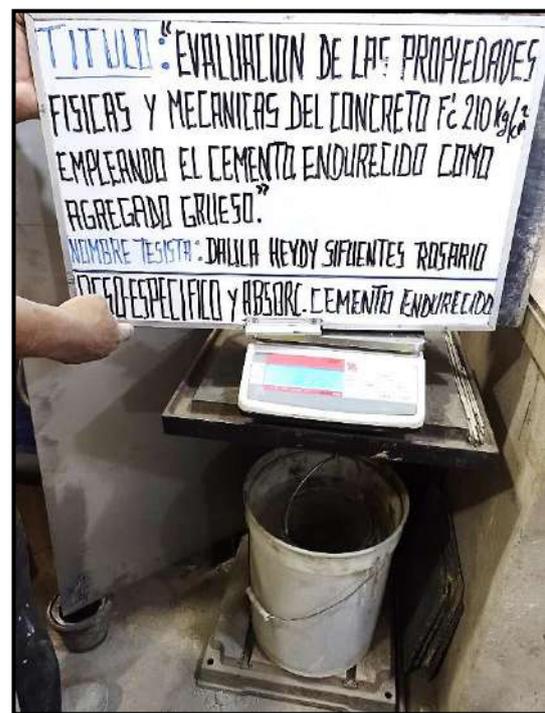
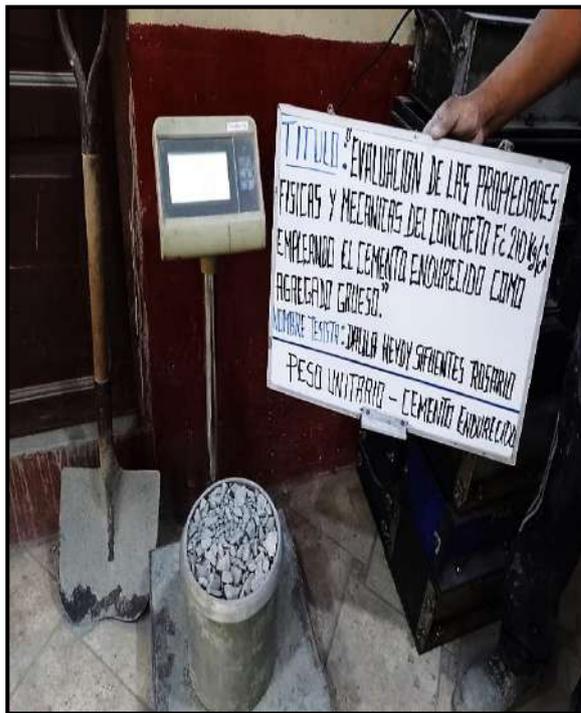


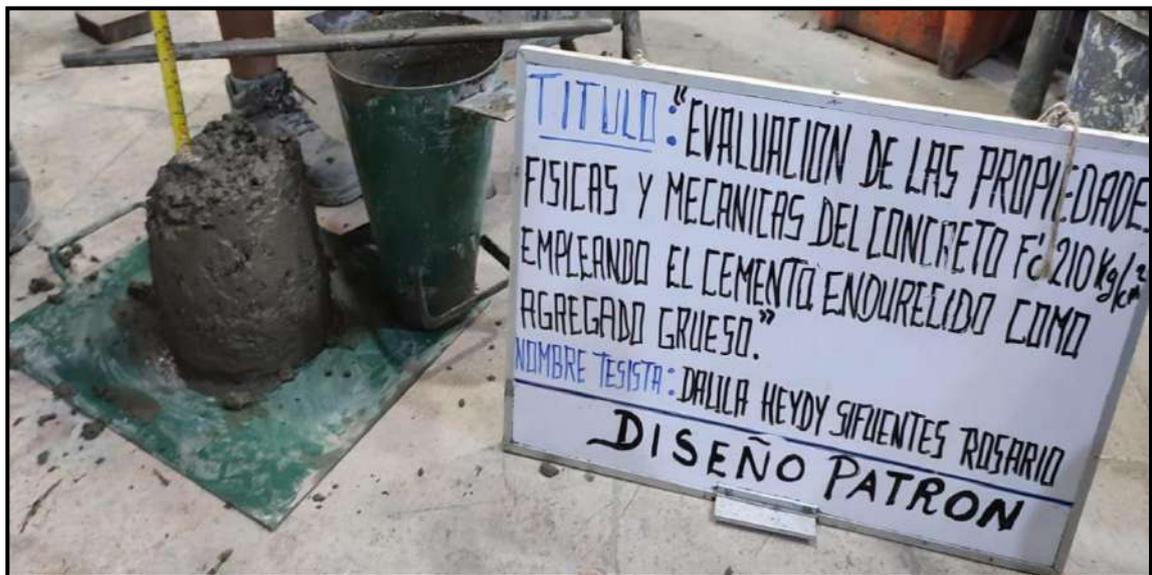
ENSAYO PARA EL AGREGADO GRUESO

Se encuentra el ensayo de peso específico, absorción, peso unitario, humedad y granulometría.



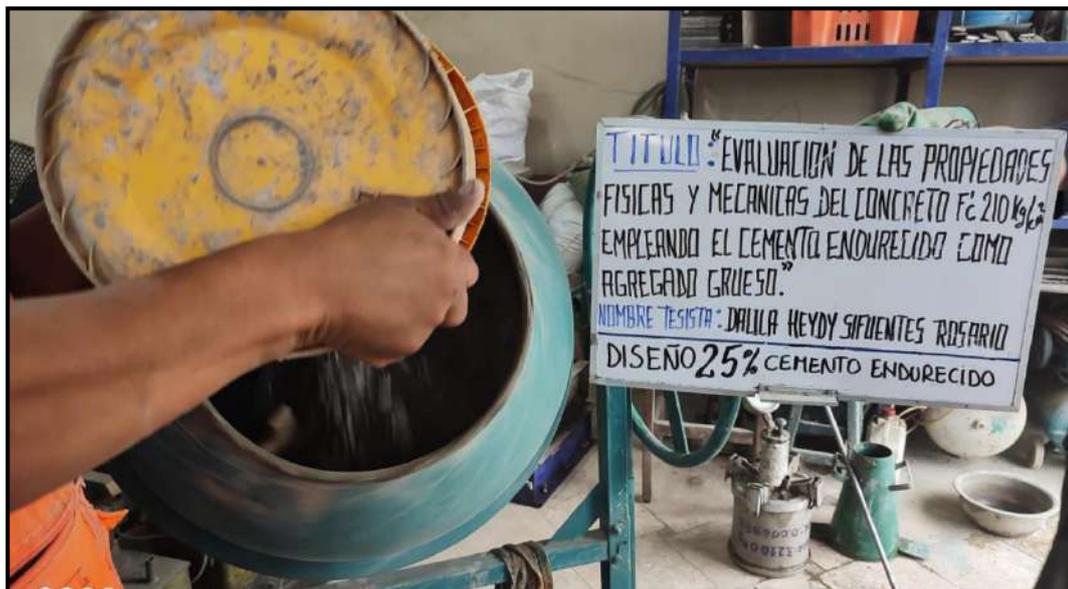
ENSAYO PARA EL CEMENTO ENDURECIDO



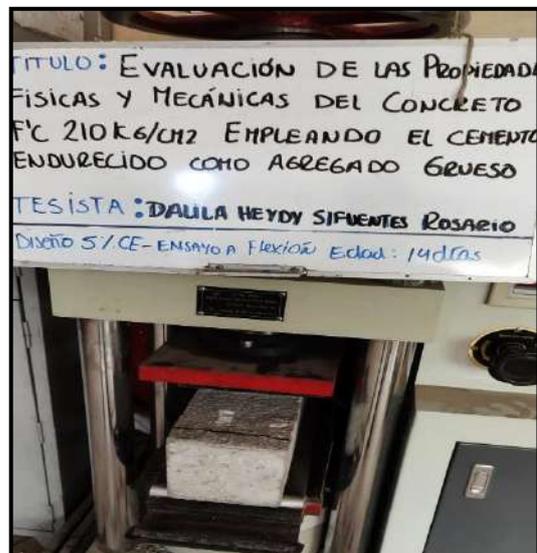
DISEÑO DE MEZCLA – PATRÓN

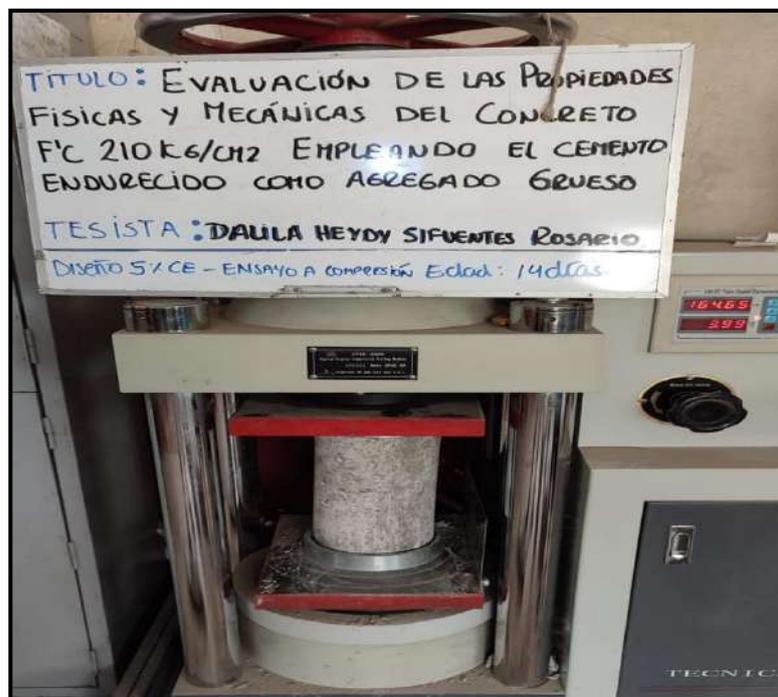
DISEÑO D1: 5% DE CEMENTO ENDURECIDO

DISEÑO D2: 15% DE CEMENTO ENDURECIDO

DISEÑO D3: 25% DE CEMENTO ENDURECIDO

ROTURA DE PROBETAS (Ensayo de compresión) Y VIGAS (Ensayo de Flexión)







ANEXO G: CERTIFICADOS DE CALIBRACIONES

MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL



CALIBRATEC S.A.C.
LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS
RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-F-039-2022

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

1. Expediente	0036
2. Solicitante	VICAT
3. Dirección	MZA. F LOTE. 10 P.J. VILLA ESPERANZA - LIMA - LIMA - CARABAYLLO
4. Instrumento calibrado	MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL (PRENSA DE CONCRETO)
Marca	NO INDICA
Modelo	STYE-2000
N° de serie	200922
Identificación	No indica
Procedencia	China
Intervalo de indicación	0 kN a 2000 kN
Resolución	0,01 kN
Clase de exactitud	No indica
Modo de fuerza	Compresión
5. Fecha de calibración	2022-11-02

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).

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.

CALIBRATEC 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.

Fecha de Emisión

2022-11-04



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817545 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 04/11/2022 11:57:14-0500

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-F-039-2022

 Área de Metrología
 Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 4

6. Método de calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Materiales de VICAT

8. Condiciones de calibración

	Inicial	Final
Temperatura	22,1 °C	22,3 °C
Humedad relativa	56 %	57 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PUCP	Celda de carga de 150 t con una incertidumbre de 241 kg	INF-LE N° 042-22 (B)

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- El instrumento a calibrar no indica la clase, sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase 1 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

Revisión 00

RT03-F01

 ☎ 977 997 385 - 913 028 622
 ☎ 913 028 623 - 913 028 624

 📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
 ✉ ventascalibratec@gmail.com
 🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-F-039-2022

 Área de Metrología
 Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 4

11. Resultados de medición

Indicación de la máquina de ensayo		Indicación del transductor de fuerza patrón					Promedio	Error de medición
		1ra Serie	2da Serie	3ra Serie		4ta Serie Accesorios		
		Ascenso	Ascenso	Ascenso	Descenso	Ascenso		
%	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	
10	100,0	100,1	100,5	100,0	--	100,2	-0,2	
20	200,0	200,3	200,2	200,1	--	200,2	-0,2	
30	300,0	299,6	300,0	300,0	--	299,9	0,1	
40	400,0	399,8	400,3	400,0	--	400,0	0,0	
50	500,0	499,9	501,2	501,1	--	500,7	-0,7	
60	600,0	599,5	601,0	600,7	--	600,4	-0,4	
70	700,0	699,5	700,8	700,7	--	700,3	-0,3	
80	800,0	799,7	801,2	801,1	--	800,6	-0,6	
90	900,0	899,5	900,7	900,2	--	900,1	-0,1	
100	980,0	979,9	981,2	980,6	--	980,6	-0,6	

Indicación de la máquina de ensayo		Errores relativos de medición					Incertidumbre de medición relativa
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Error con accesorios	
		q %	b %	v %	a %	%	
%	kN						
10	100	-0,17	0,49	--	0,01	--	0,67
20	200	-0,11	0,10	--	0,01	--	0,38
30	300	0,04	0,13	--	0,00	--	0,32
40	400	-0,01	0,11	--	0,00	--	0,29
50	500	-0,14	0,26	--	0,00	--	0,32
60	600	-0,07	0,25	--	0,00	--	0,31
70	700	-0,05	0,18	--	0,00	--	0,29
80	800	-0,08	0,18	--	0,00	--	0,29
90	900	-0,01	0,13	--	0,00	--	0,27
100	980	-0,06	0,14	--	0,00	--	0,27

Clase de la escala de la máquina de ensayo	Valor máximo permitido (ISO 7500 - 1)				
	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Cero f0
	q %	b %	v %	a %	%
0,5	± 0,50	0,5	± 0,75	± 0,25	± 0,05
1	± 1,00	1,0	± 1,50	± 0,50	± 0,10
2	± 2,00	2,0	± 3,00	± 1,00	± 0,20
3	± 3,00	3,0	± 4,50	± 1,50	± 0,30

 MAXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (τ_0) 0,00 %

Revisión 00

RT03-F01

 ☎ 977 997 385 - 913 028 622
 ☎ 913 028 623 - 913 028 624

 📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
 ✉ ventascalibratec@gmail.com
 🏢 CALIBRATEC SAC



CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-039-2022

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 4 de 4

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

TERMÓMETRO

CALIBRATEC S.A.C.

LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC: 20606479680

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - T - 003 - 2023

Página 1 de 3

1. Expediente	0333	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	VICAT GEOTESTING	
3. Dirección	AV. EL CARMEN MZ F LOTE 10 - CARABAYLLO.	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. Instrumento de medición	TERMOMETRO DIGITAL	CALIBRATEC 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.
Alcance de Indicación	-50 °C a 300 °C	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Div. de escala / Resolución	0.1 °C	
Marca	No indica	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Modelo	TP101	
Número de Serie	No indica	
Procedencia	No indica	
Identificación	CI-0067 (*)	
5. Fecha de Calibración	2023-03-22	

Fecha de Emisión

2023-03-23



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817546 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 23/03/2023 11:12:13-0500



Jefe del Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA - T - 003 - 2023

 Área de Metrología
 Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SNM/INDECOPI tomado como referencia el PC-017 "Procedimiento para la Calibración de Termómetros Digitales" Segunda edición - diciembre 2012 de INDECOPI/SNM.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Temperatura de CALIBRATEC S.A.C.

8. Condiciones Ambientales

	Mínimo	Máximo
Temperatura	21,6 °C	21,9 °C
Humedad Relativa	56%	56%

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
SAT S.A.C.	TERMOMETRO DE INDICACION DIGITAL DE 10 CANALES TERMOPARES TIPO K	LT-0377-2022
METROIL S.A.C.	MEDIDOR DE TEMPERATURA (TERMOHIGRÓMETRO)	1AT-1704-2022

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.

(*) Identificación asignado por CALIBRATEC S.A.C. e indicado en una etiqueta adherido al instrumento.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
 ☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
 ✉ ventascalibratec@gmail.com
 🏢 CALIBRATEC SAC



CALIBRATEC S.A.C.
LABORATORIO DE METROLOGIA

CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS
RUC: 20606479680

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA - T - 003 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

INDICACIÓN DEL TERMOMETRO (°C)	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA (°C)	CORRECCIÓN (°C)	INCERTIDUMBRE (K=2) (°C)
0,4	0,24	-0,16	0,14
29,6	30,12	0,57	0,14
59,1	60,02	0,92	0,14

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

BALANZA ELECTRÓNICA

CALIBRATEC S.A.C.
LABORATORIO DE METROLOGÍA

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO
N° LC -071



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA-LM-077-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	0396	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	VICAT GEOTESTING S.A.C.	
3. Dirección	MZA. F LOTE 10 P.J. VILLA ESPERANZA - LIMA - LIMA - CARABAYLLO	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. Instrumento calibrado	BALANZA ELECTRÓNICA	CALIBRATEC 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.
Marca	OHAUS	
Modelo	V11P15T	
N° de serie	No indica	
Identificación	BVG-0027 (*)	
Procedencia	China	
Capacidad máxima:	15000 g	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
División de escala (d)	2 g	
Div. de verificación (e)	2 g	
Capacidad mínima	40 g	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Clase de exactitud	III	
5. Fecha de calibración	2023-06-17	

Fecha de Emisión

2023-06-20



Jefe de Laboratorio

Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817545 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 20/06/2023 21:04:32-0500



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA-LM-077-2023

Área de Metrología
 Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indiciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Laboratorio de VICAT GEOTESTING S.A.C. ubicado en Mza. F Lote 10 P.J. Villa Esperanza - Lima - Lima - Carabayllo

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,2 °C	21,4 °C
Humedad relativa	65 %	65 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESATEC	Juego de pesas de 1 mg a 2 kg de clase M1	1492-MPES-C-2022
TOTAL WEIGHT	Pesa de 5 kg de clase M2	CM-4235-2022
TOTAL WEIGHT	Pesa de 10 kg de clase M2	CM-4188-2022

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 15000 g la balanza indicaba 14996 g)
- El valor de "e", capacidad mínima y la clase de exactitud han sido determinados por el fabricante.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 10 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a 0,00001 °C⁻¹ según el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM.
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente no cuenta con la información de los certificados anteriores para la balanza a calibrar. Por lo tanto, la contribución de la incertidumbre de la deriva de la balanza no será considerada.
- (*) Identificación indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
 ☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
 ✉ comercial@calibratec.com.pe
 🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LM-077-2023

 Área de Metrología
 Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Inspección Visual

Ajuste a cero	Tiene	Escala	No tiene
Oscilación libre	Tiene	Cursor	No tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de traba	No tiene		

12. Resultados de la medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura	Inicial	Final	Humedad	Inicial	Final
	21,3 °C	21,3 °C		63,0 %	63,0 %

Carga L1			Carga L2		
I	ΔL	E	I	ΔL	E
g	g	g	g	g	g
7 500,3 g			15 000,3 g		
7 500	1,0	-0,3	15 000	1,4	-0,7
7 500	1,2	-0,5	15 000	1,2	-0,5
7 500	1,2	-0,5	15 000	1,4	-0,7
7 500	1,4	-0,7	15 000	1,6	-0,9
7 500	1,2	-0,5	15 000	1,6	-0,9
7 500	1,2	-0,5	15 000	1,2	-0,5
7 500	1,4	-0,7	15 000	1,4	-0,7
7 500	1,6	-0,9	15 000	1,4	-0,7
7 500	1,0	-0,3	15 000	1,4	-0,7
7 500	1,2	-0,5	15 000	1,2	-0,5
Dif Máx. Encontrada		0,6	Dif Máx. Encontrada		0,4
EMP		6	EMP		6

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temperatura	Inicial	Final	Humedad	Inicial	Final
	21,5 °C	21,6 °C		63,0 %	63,0 %

Pos. Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido E _c				
	C. mínima	I	ΔL	E ₀	Carga L	I	ΔL	E	E _c
	g	g	g	g	g	g	g	g	g
1	20,0	20	1,0	0,0	5 000,3	5 000	1,2	-0,5	-0,5
2		20	1,2	-0,2		5 000	0,8	-0,1	0,1
3		20	1,0	0,0		5 000	1,4	-0,7	-0,7
4		20	1,2	-0,2		5 000	0,6	0,1	0,3
5		20	1,2	-0,2		5 000	1,6	-0,9	-0,7
Error máximo permitido (±)									6

Revisión 00

RT03-F01

 ☎ 977 997 385 - 913 028 621
 ☎ 913 028 623 - 913 028 624

 📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
 ✉ comercial@calibratec.com.pe
 🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LM-077-2023

 Área de Metrología
 Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	21,5 °C	21,5 °C	Humedad	63,0 %	63,0 %

Carga L	Carga creciente				Carga decreciente				EMP
	I	ΔL	E	Ec	I	ΔL	E	Ec	
E ₀	g	g	g	g	g	g	g	g	g
20,0	20	1,2	-0,2						
40,0	40	1,2	-0,2	0,0	40	1,4	-0,4	-0,2	2
1 500,0	1 500	1,0	0,0	0,2	1 500	1,4	-0,4	-0,2	4
3 000,0	3 000	0,8	0,2	0,4	3 000	1,0	0,0	0,2	4
4 500,0	4 500	1,0	0,0	0,2	4 500	1,2	-0,2	0,0	6
5 000,3	5 000	0,8	-0,1	0,1	5 000	1,2	-0,5	-0,3	6
6 000,3	6 000	1,2	-0,5	-0,3	6 000	1,6	-0,9	-0,7	6
9 000,3	9 000	1,4	-0,7	-0,5	9 000	1,4	-0,7	-0,5	6
10 000,0	10 000	1,4	-0,4	-0,2	10 000	1,8	-0,8	-0,6	6
12 000,0	12 000	1,6	-0,6	-0,4	12 000	1,8	-0,8	-0,6	6
15 000,3	15 000	1,6	-0,9	-0,7	15 000	1,6	-0,9	-0,7	6

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza

I: Lectura de indicación de la balanza

E: Error encontrado

EMP: Error máximo permitido

E₀: Error en cero

Ec: Error corregido

ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,71 \text{ g}^2 + 0,0000000035 \cdot R^2}$$

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,000011 \cdot R$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

13. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

 ☎ 977 997 385 - 913 028 621
 ☎ 913 028 623 - 913 028 624

 📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
 ✉ comercial@calibratec.com.pe
 🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE INACAL

Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Acreditación a:

CALIBRATEC S.A.C.

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Av. Chillón Lote 50 B Urb. Chacaracero, distrito de Comas, provincia de Lima y departamento de Lima.

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-22F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 26 de mayo de 2023

Fecha de Vencimiento: 25 de mayo de 2026



Firmado digitalmente por AGUILAR RODRIGUEZ Lidia Patricia FAU
20600283019 soft
Fecha: 2023-06-21 17:08:44
Motivo: Soy el Autor del Documento

PATRICIA AGUILAR RODRIGUEZ

Directora (dt.), Dirección de Acreditación – INACAL

Fecha de emisión: 18 de junio de 2023

Célula N° : 159-2023-INACAL/DA
Contrato N° : 029-2023/INACAL-DA
Registro N° : LC-071



El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y válida de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/casoparis/acreditados_y/o_a_traves_del_codigo_QP_al_momento_de_hacer_uso_del_presente_certificado
La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Co-operation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mútuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)

DA-acr-06P-22F Ver. 03

CERTIFICADO PINZUAR



ONAC ACREDITA A:
PINZUAR S.A.S
 800.006.900-3
 Km 2 via puente piedra - Parque industrial san isidro bodega c1, Madrid, Cundinamarca, Colombia

La acreditación de este Organismo de Evaluación de la Conformidad se ha realizado con respecto a los requisitos especificados en la norma internacional.

ISO/IEC 17025:2017
 Requisitos generales para la competencia de laboratorios de calibración y de ensayo.

Esta Acreditación es aplicable al alcance establecido en el anexo de este certificado. Identificado con el código:

11-LAC-004

Esta Acreditación está cubierta por los Acuerdos de Reconocimiento Multilateral suscritos por ONAC con:





Fecha publicación del Otorgamiento: **2011-08-29**

Fecha de Renovación: **2019-08-29**

Fecha publicación última actualización: **2022-04-07**

Fecha de vencimiento: **2024-08-28**

La vigencia de este certificado puede ser verificada en onac.org.co/directorio-de-acreditados/buscador-por-organismo o escaneando el código QR





Director Ejecutivo

Página 1 de 16 FR 353-03 V4 Aprobado 2021-09-01



ANEXO DEL CERTIFICADO

PINZUAR S.A.S
 11-LAC-004
 ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2017
 Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

CÓDIGO	MAGNITUD	INTERVALO DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDIDA	INSTRUMENTO A CALIBRAR	INSTRUMENTOS, EQUIPOS PATRONES UTILIZADOS	DOCUMENTO NORMATIVO
DG1	Masa	1 mg 2 mg 5 mg 10 mg 20 mg 50 mg 100 mg 200 mg 500 mg	0.057 mg 0.057 mg 0.057 mg 0.083 mg 0.10 mg 0.13 mg 0.17 mg 0.20 mg 0.27 mg	Pesas OIML clase M ₁ , M _e , M ₁	Juego de pesas OIML Clase E ₂ de 1 mg a 1 kg Instrumento de pesaje: 40 g, d - 0.01 mg	NTC 1848 Pesas de clase E ₁ , E ₂ , F ₁ , F ₂ , M ₁ , M ₂ , M ₃ , M ₃ Y M ₃ , Parte 1: Requisitos metrologicos y Tecnicos Generalidades 2007-04-18 Numerales 41 - 42 - 5 - 5.1 - 5.2 - 5.3 - 6 - 12 - 13 anexo B-B.4 anexo C.
DG1	Masa	1 g 2 g 5 g 10 g 20 g 50 g 100 g 200 g 500 g 1.000 g	0.033 mg 0.040 mg 0.053 mg 0.067 mg 0.083 mg 0.10 mg 0.17 mg 0.33 mg 0.83 mg 1.7 mg	Pesas OIML clase F ₁ , F ₂ , M ₁ , M ₂ , M ₃	Juego de pesas OIML Clase E ₂ de 1 mg a 1 kg Instrumentos de pesaje: 40 g, d - 0.01 mg - 200 g, d - 0.1 mg - 1.000 g, d - 1 mg	NTC 1848 Pesas de clase E ₁ , E ₂ , F ₁ , F ₂ , M ₁ , M ₂ , M ₃ , M ₃ Y M ₃ , Parte 1: Requisitos metrologicos y Tecnicos Generalidades 2007-04-18 Numerales 41 - 42 - 5 - 5.1 - 5.2 - 5.3 - 6 - 12 - 13 anexo B-B.4 anexo C.





ANEXO DEL CERTIFICADO

PINZUAR S.A.S

11-LAC-004

ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2017

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

SEDE	Calle 16 # 103B - 72, Bogotá D.C.					
CÓDIGO	MAGNITUD	INTERVALO DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDIDA	INSTRUMENTO A CALIBRAR	INSTRUMENTOS, EQUIPOS PATRONES UTILIZADOS	DOCUMENTO NORMATIVO
DG1	Masa	2 kg 5 kg 10 kg 20 kg	33 mg 83 mg 0.17 g 0.33 g	Pesas OIML clase M ₁ , M ₂ , M ₃	Juego de pesas OIML Clase F ₁ de 1 mg a 10 kg Instrumentos de pesaje: 6.2 kg, d = 0.01 g 34 kg, d = 0.3 g	NTC 1849 Pesas de clase E ₁ , E ₂ , F ₁ , F ₂ , M ₁ , M ₂ , M ₃ , M ₃ , Y M ₃ , Parte 1: Requisitos metrologicos y Tecnicos Generalidades 2007-04-18 Numerales 41 - 42 - 5 - 5.1 - 5.2 - 5.3 - 6 - 12 - 13 anexo B-B.4 anexo C
DC3	Longitud	125 mm ± 1.35 mm (Tabla 1. ASTM E11-20, mallas de 5 in a la 315 mm)	Abertura malla 15 µm Diámetro 15 µm	Tamiz	Pie de rey digital d = 0.01 mm	ASTM E11-20 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves, Numeral 6.1 At Annex, Procedure for Inspecting Sieve Cloth And Test Sieves.
DC3	Longitud	2.8 mm ± 1.4 mm (Tabla 1. ASTM E11-20, mallas de la No. 7 a la No. 14)	Abertura malla 65 µm Diámetro 65 µm	Tamiz	Estéreo microscopio	ASTM E11-20 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves, Numeral 6.1 At Annex, Procedure for Inspecting Sieve Cloth And Test Sieves.
DC3	Longitud	1.25 mm ± 1.800 µm (Tabla 1. ASTM E11-20, mallas de la 1.25 mm a 800 µm)	Abertura malla 5.4 µm Diámetro 5.4 µm	Tamiz	Estéreo microscopio	ASTM E11-20 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves, Numeral 6.1 At Annex, Procedure for Inspecting Sieve Cloth And Test Sieves.

Página 3 de 16

FR 35.3-03 V4 Aprobado 2021-09-01

Esta Acreditación está cubierta por los Acuerdos de Reconocimiento Multilateral suscritos por ONAC con



ANEXO DEL CERTIFICADO

PINZUAR S.A.S

11-LAC-004

ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2017

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

SEDE	Calle 16 # 103B - 72, Bogotá D.C.					
CÓDIGO	MAGNITUD	INTERVALO DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDIDA	INSTRUMENTO A CALIBRAR	INSTRUMENTOS, EQUIPOS PATRONES UTILIZADOS	DOCUMENTO NORMATIVO
DC3	Longitud	710 µm ± 1.500 µm (Tabla 1. ASTM E11-20, mallas de la No. 25 a la No. 30)	Abertura malla 3.3 µm Diámetro 3.3 µm	Tamiz	Estéreo microscopio	ASTM E11-20 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves, Numeral 6.1 At Annex, Procedure for Inspecting Sieve Cloth And Test Sieves.
DC3	Longitud	450 µm ± 1.315 µm (Tabla 1. ASTM E11-20, mallas de 450 µm a 315 µm)	Abertura malla 2.4 µm Diámetro 2.4 µm	Tamiz	Estéreo microscopio	ASTM E11-20 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves, Numeral 6.1 At Annex, Procedure for Inspecting Sieve Cloth And Test Sieves.
DC3	Longitud	300 µm ± 1.212 µm (Tabla 1. ASTM E11-20, mallas de la No. 50 a la No. 70)	Abertura malla 2.1 µm Diámetro 2.1 µm	Tamiz	Estéreo microscopio	ASTM E11-20 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves, Numeral 6.1 At Annex, Procedure for Inspecting Sieve Cloth And Test Sieves.
DC3	Longitud	200 µm ± 1.106 µm (Tabla 1. ASTM E11-20, mallas de 200 µm a la No. 140)	Abertura malla 0.76 µm Diámetro 0.76 µm	Tamiz	Microscopio episcopico	ASTM E11-20 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves, Numeral 6.1 At Annex, Procedure for Inspecting Sieve Cloth And Test Sieves.
DC3	Longitud	100 µm ± 1.03 µm (Tabla 1. ASTM E11-20, mallas de 100 µm a la No. 270)	Abertura malla 0.67 µm Diámetro 0.67 µm	Tamiz	Microscopio episcopico	ASTM E11-20 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves, Numeral 6.1 At Annex, Procedure for Inspecting Sieve Cloth And Test Sieves.

Página 4 de 16

FR 35.3-03 V4 Aprobado 2021-09-01

Esta Acreditación está cubierta por los Acuerdos de Reconocimiento Multilateral suscritos por ONAC con





ANEXO DEL CERTIFICADO

PINZUAR S.A.S

11-LAC-004

ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2017

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

SEDE	Calle 16 # 103B - 72, Bogotá D.C.					
CÓDIGO	MAGNITUD	INTERVALO DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDIDA	INSTRUMENTO A CALIBRAR	INSTRUMENTOS, EQUIPOS PATRONES UTILIZADOS	DOCUMENTO NORMATIVO
DC3	Longitud	50 µm ± / s 20 µm (Tabla 1, ASTM E11-20, mallas de 50 µm a la No. 500)	Abertura malla 0.63 µm Diámetro 0.63 µm	Tamiz	Microscopio episcopico	ASTM E11-20 Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves; Numeral 6.1 At Annex Procedure for Inspecting Sieve Cloth And Test Sieves.
DC3	Longitud	0 mm < / s 300 mm	11 µm	Pie de rey (medición exteriores) Indicación digital, circular o nonio, d ± 0.01 mm	Juego de bloques patrón grado 0 (0.5 mm a 300 mm)	Procedimiento DI-008 para la calibración de pes de rey del Centro de Metrología Español, edición digital.1
DC3	Longitud	0 mm < / s 300 mm	10 µm	Pie de rey (medición interiores) Indicación digital, circular o nonio, d ± 0.01 mm	Juego de bloques patrón grado 0 (25 mm a 100 mm)	
DC3	Longitud	0 mm < / s 300 mm	6.0 µm	Pie de rey (medición profundidad) Indicación digital, circular o nonio, d ± 0.01 mm	Juego de bloques patrón grado 0 (0.5 mm a 300 mm)	
DC3	Longitud	0 mm < / s 300 mm	0.68 µm	Micrómetro para mediciones exteriores Indicación analógica o digital d ± 0.001 mm	Juego de bloques patrón grado 0 (0.5 mm a 300 mm) Juego de bloques patrón grado 0 (25 mm a 100 mm)	Procedimiento DI-005 para la calibración de micrómetros para mediciones exteriores del Centro de Metrología Español, edición digital.1

Esta Acreditación está cubierta por los Acuerdos de Reconocimiento Multilateral suscritos por ONAC con



ANEXO DEL CERTIFICADO

PINZUAR S.A.S

11-LAC-004

ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2017

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

SEDE	Calle 16 # 103B - 72, Bogotá D.C.					
CÓDIGO	MAGNITUD	INTERVALO DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDIDA	INSTRUMENTO A CALIBRAR	INSTRUMENTOS, EQUIPOS PATRONES UTILIZADOS	DOCUMENTO NORMATIVO
DC3	Longitud	0 mm < / s 25 mm	1.0 µm	Comparador de carátula Indicación analógica o digital d ± 0.0001 mm	Banco patrón calibrador de comparadores de carátula (25 mm x 0.1 µm)	Procedimiento DI-010 para la calibración de comparadores mecánicos del Centro de Metrología Español, edición digital.1
DC3	Longitud	0 m < / s 50 m	$U (mm) = 2 \times 10^{-4} L^2 + 0.0111 L + 0.0957$ L en m	Cintas métricas hasta 50 m d ± 0.5 mm	Cintas Métricas Reglas Graduadas y Banco automatizado para calibración de cintas métricas y Reglas Graduadas d ± 0.001 mm	Procedimiento interno LM-PC-10 Calibración de Cintas Métricas y Reglas Graduadas Laboratorio de Metrología, Versión 0, 2020-09-02
DC3	Longitud	0 m < / s 2 m	$U (mm) = 4 \times 10^{-4} L^2 + 2 \times 10^{-2} L + 0.0524$ L en mm	Reglas hasta 2 m d ± 0.5 mm	Reglas Graduadas d ± 0.001 mm	
DG6	Par torsional	0.5 Nm < / s 5 Nm	$W(%) = -0.0225 Vn2 + 0.0104 Vn - 0.8338$	Llaves Dinamométricas Manuales (Torcómetros)	Transductor de par torsional 0.5 Nm a 5 Nm Clase: 1.0 5 Nm a 50 Nm Clase 0.5 50 Nm a 500 Nm Clase: 1.0 100 Nm a 1000 Nm Clase: 1.0	NTC 5330 Herramientas de ensamble para tornillos y tuercas. Torcómetros manuales - herramienta manual de par torsional. Requisitos y métodos de ensayo para la determinación de la conformidad del diseño, la calidad y para el procedimiento de recalibración (2004-12-16) Numerales 1 a 3, 4, 5.1.6, 6, Anexo A y Anexo B.
DG6	Par torsional	5 Nm < / s 50 Nm	$W(%) = 0.0002 Vn2 - 0.0175 Vn - 0.8559$			
DG6	Par torsional	50 Nm < / s 500 Nm	$W(%) = 1 \times 10^{-05} Vn2 + 0.0076 Vn - 1.0487$			
DG6	Par torsional	500 Nm < / s 980.665 Nm	$W(%) = 2 \times 10^{-06} Vn2 + 0.0037 Vn + 1.7076$			
DI2	Temperatura	0 °C	0.048 °C	Termómetros de vidrio de inmersión parcial y total. d ± 0.01 °C	Termómetro digital: Patrón de referencia SPRT -200 °C a 561 °C d ± 0.0001 °C Vaso Dewar (punto de hielo)	NT VVS 102 Thermometers, Liquid in Glass, Calibration (1994)

Esta Acreditación está cubierta por los Acuerdos de Reconocimiento Multilateral suscritos por ONAC con





ANEXO DEL CERTIFICADO

PINZUAR S.A.S

11-LAC-004

ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2017

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

SEDE	CÓDIGO	MAGNITUD	INTERVALO DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDIDA	INSTRUMENTO A CALIBRAR	INSTRUMENTOS, EQUIPOS PATRONES UTILIZADOS	DOCUMENTO NORMATIVO
Calle 16 # 103B - 72, Bogotá D.C.							
	D12	Temperatura	-20 °C < \pm 20 °C	0,039 °C	Termómetros de vidrio de inmersión parcial y total, $d \pm 0,01$ °C	Termómetro digital: Patrón de referencia SPRT -200 °C a 661 °C $d = 0,0001$ °C Medios líquidos y bloque seco.	NT VVS 102 Thermometers, Liquid in Glass, Calibration (1994)
	D12	Temperatura	20 °C < \pm 80 °C	0,046 °C	Termómetros de vidrio de inmersión parcial y total, $d \pm 0,01$ °C	Termómetro digital: Patrón de referencia SPRT -200 °C a 661 °C $d = 0,0001$ °C Medios líquidos y bloque seco.	NT VVS 102 Thermometers, Liquid in Glass, Calibration (1994)
	D12	Temperatura	80 °C < \pm 250 °C	0,071 °C	Termómetros de vidrio de inmersión parcial y total, $d \pm 0,01$ °C	Termómetro digital: Patrón de referencia SPRT -200 °C a 661 °C $d = 0,0001$ °C Medios líquidos y bloque seco.	NT VVS 102 Thermometers, Liquid in Glass, Calibration (1994)
	D12	Temperatura	-20 °C < \pm 80 °C	0,12 °C	Termómetros bimetalicos, analógicos de carátula y registradores de temperatura (analógicos)	Termómetro digital: Patrón de referencia SPRT -200 °C a 661 °C $d = 0,0001$ °C Medios líquidos y bloque seco.	NT VVS 103 Thermometers, Contact, Direct Reading, Calibration (1994)
	D12	Temperatura	80 °C < \pm 250 °C	0,13 °C	Termómetros bimetalicos, analógicos de carátula y registradores de temperatura (analógicos)	Termómetro digital: Patrón de referencia SPRT -200 °C a 661 °C $d = 0,0001$ °C Medios líquidos y bloque seco.	NT VVS 103 Thermometers, Contact, Direct Reading, Calibration (1994)

Página 7 de 16

FR 35.3-03 V4 Aprobado 2021-09-01

Esta Acreditación está cubierta por los Acuerdos de Reconocimiento Multilateral suscritos por ONAC con



ANEXO DEL CERTIFICADO

PINZUAR S.A.S

11-LAC-004

ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2017

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

SEDE	CÓDIGO	MAGNITUD	INTERVALO DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDIDA	INSTRUMENTO A CALIBRAR	INSTRUMENTOS, EQUIPOS PATRONES UTILIZADOS	DOCUMENTO NORMATIVO
Calle 16 # 103B - 72, Bogotá D.C.							
	D12	Temperatura	0 °C	0,011 °C	Termómetros digitales $d \pm 0,001$ °C	Termómetro digital: Patrón de referencia SPRT -200 °C a 661 °C $d = 0,0001$ °C Medios líquidos, bloque seco y vaso Dewar (punto de hielo)	NT VVS 103 Thermometers, Contact, Direct Reading, Calibration (1994)
	D12	Temperatura	-20 °C < \pm 20 °C	0,014 °C	Termómetros digitales $d \pm 0,001$ °C	Termómetro digital: Patrón de referencia SPRT -200 °C a 661 °C $d = 0,0001$ °C Medios líquidos, bloque seco.	NT VVS 103 Thermometers, Contact, Direct Reading, Calibration (1994)
	D12	Temperatura	20 °C < \pm 80 °C	0,026 °C	Termómetros digitales $d \pm 0,001$ °C	Termómetro digital: Patrón de referencia SPRT -200 °C a 661 °C $d = 0,0001$ °C Medios líquidos, bloque seco.	NT VVS 103 Thermometers, Contact, Direct Reading, Calibration (1994)
	D12	Temperatura	80 °C < \pm 600 °C	0,031 °C	Termómetros digitales $d \pm 0,001$ °C	Termómetro digital: Patrón de referencia SPRT -200 °C a 661 °C $d = 0,0001$ °C Medios líquidos, bloque seco.	NT VVS 103 Thermometers, Contact, Direct Reading, Calibration (1994)
	D12	Temperatura	-20 °C < \pm 20 °C	0,020 °C	Termómetros de resistencia	Termómetro digital: Patrón de referencia SPRT -200 °C a 661 °C Módulo para termómetros de resistencia. Medios líquidos, bloque seco, vaso Dewar (punto de hielo)	DKD-R 5-1 Kalibrierung von Widerstandsthermometern Ausgabe 09/2018

Página 8 de 16

FR 35.3-03 V4 Aprobado 2021-09-01

Esta Acreditación está cubierta por los Acuerdos de Reconocimiento Multilateral suscritos por ONAC con





ANEXO DEL CERTIFICADO

PINZUAR S.A.S

11-LAC-004

ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2017

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

SEDE	Calle 16 # 103B - 72, Bogotá D.C.					
CÓDIGO	MAGNITUD	INTERVALO DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDIDA	INSTRUMENTO A CALIBRAR	INSTRUMENTOS, EQUIPOS PATRONES UTILIZADOS	DOCUMENTO NORMATIVO
D12	Temperatura	20 °C < <i>f</i> < 80 °C	0.037 °C	Termómetros de resistencia	Termómetro digital. Patrón de referencia SPRT -200 °C a 661 °C Módulo para termómetros de resistencia. Medios Líquidos, bloque seco.	DKD-R 5-1 Kalibrierung von Widerstandsthermometern Ausgabe 09/2018
D12	Temperatura	80 °C < <i>f</i> < 600 °C	0.044 °C	Termómetros de resistencia	Termómetro digital. Patrón de referencia SPRT -200 °C a 661 °C Módulo para termómetros de resistencia. Medios Líquidos, bloque seco.	DKD-R 5-1 Kalibrierung von Widerstandsthermometern Ausgabe 09/2018
D12	Temperatura	0 °C	0.021 °C	Termopares tipo K, J, B, E, N, R, S, T	Termómetro digital. Patrón de referencia SPRT -200 °C a 661 °C Módulo para termopares. Medios líquidos, bloque seco, vaso Desnar quinto de hielo	Euramet CG-8 Guidelines on the Calibration of Thermocouples Versión 31 (02/2020)
D12	Temperatura	-20 °C < <i>f</i> < 20 °C	0.022 °C	Termopares tipo K, J, B, E, N, R, S, T	Termómetro digital. Patrón de referencia SPRT -200 °C a 661 °C Módulo para termopares. Medios Líquidos, bloque seco.	Euramet CG-8 Guidelines on the Calibration of Thermocouples Versión 31 (02/2020)
D12	Temperatura	20 °C < <i>f</i> < 80 °C	0.030 °C	Termopares tipo K, J, B, E, N, R, S, T	Termómetro digital. Patrón de referencia SPRT -200 °C a 661 °C Módulo para termopares. Medios Líquidos, bloque seco.	Euramet CG-8 Guidelines on the Calibration of Thermocouples Versión 31 (02/2020)

Página 9 de 16

FR 35.3-03 V4 Aprobado 2021-09-01

Esta Acreditación está cubierta por los Acuerdos de Reconocimiento Multilateral suscritos por ONAC con



ANEXO DEL CERTIFICADO

PINZUAR S.A.S

11-LAC-004

ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2017

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

SEDE	Calle 16 # 103B - 72, Bogotá D.C.					
CÓDIGO	MAGNITUD	INTERVALO DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDIDA	INSTRUMENTO A CALIBRAR	INSTRUMENTOS, EQUIPOS PATRONES UTILIZADOS	DOCUMENTO NORMATIVO
D12	Temperatura	80 °C < <i>f</i> < 250 °C	0.026 °C	Termopares tipo K, J, B, E, N, R, S, T	Termómetro digital. Patrón de referencia SPRT -200 °C a 661 °C Módulo para termopares. Medios Líquidos, bloque seco.	Euramet CG-8 Guidelines on the Calibration of Thermocouples Versión 31 (02/2020)
D12	Temperatura	250 °C < <i>f</i> < 600 °C	0.058 °C	Termopares tipo K, J, B, E, N, R, S, T	Termómetro digital. Patrón de referencia SPRT -200 °C a 661 °C Módulo para termopares. Medios Líquidos, bloque seco.	Euramet CG-8 Guidelines on the Calibration of Thermocouples Versión 31 (02/2020)
DG5	Fuerza	1 N < <i>f</i> < 500 N	0.0045 % ^{***}	Instrumentos de medición de fuerza sometidos a cargas axiales y/o dinamómetros	Juego de Masas No Normalizadas de 1 N a 500 N	Norma Brasileira Materias Metálicas - Calibração de instrumentos de medição de força de uso geral. ABNT NBR 8597 2012-05-09
DG5	Fuerza	0.5 kN < <i>f</i> < 5 kN	0.056 % ^{***}		Transductor de Carga 5 kN	
DG5	Fuerza	5 kN < <i>f</i> < 50 kN	0.049 % ^{***}		Transductor de Carga 50 kN	
DG5	Fuerza	20 kN < <i>f</i> < 200 kN	0.10 % ^{***}		Transductor de Carga 500 kN	
DG8	Presión	0 kPa < <i>p</i> < 206.84 kPa (0 psi < <i>p</i> < 30 psi)	0.083 kPa (0.012 psi)	Manómetros analógico y digitales, transmisores de presión con indicador local clase ± 0.25 % a escala completa	Manómetro digital patrón clase 0.05 %	DKD R 6-1:2014 Calibration of Pressure Gauges (No aplica numeral 8.5)

Página 10 de 16

FR 35.3-03 V4 Aprobado 2021-09-01

Esta Acreditación está cubierta por los Acuerdos de Reconocimiento Multilateral suscritos por ONAC con





ANEXO DEL CERTIFICADO

PINZUAR S.A.S

11-LAC-004

ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2017

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

SEDE	CÓDIGO	MAGNITUD	INTERVALO DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDIDA	INSTRUMENTO A CALIBRAR	INSTRUMENTOS, EQUIPOS PATRONES UTILIZADOS	DOCUMENTO NORMATIVO
SEDE			Calle 16 # 103B -72, Bogotá D.C.				
DG8	Presión	2058,4 kPa p \pm 889,47 kPa (30 psi \pm 100 psi)	0,28 kPa (0,040 psi)	Manómetros analógico y digitales, transmisores de presión con indicador local clase $\pm 0,25\%$ a escala completa	Manómetro digital patrón clase 0,05 %	DKD R 6-1:2014 Calibration of Pressure Gauges (!No aplica numeral 8.5	
DG8	Presión	689,47 kPa p \pm 2068,43 kPa (100 psi \pm 300 psi)	0,83 kPa (0,12 psi)	Manómetros analógico y digitales, transmisores de presión con indicador local clase $\pm 0,25\%$ a escala completa	Manómetro digital patrón clase 0,05 %	DKD R 6-1:2014 Calibration of Pressure Gauges (!No aplica numeral 8.5	
DG8	Presión	2068,43 kPa p \pm 6,9 MPa (300 psi \pm 1000 psi)	2,8 kPa (0,40 psi)	Manómetros analógico y digitales, transmisores de presión con indicador local clase $\pm 0,25\%$ a escala completa	Manómetro digital patrón clase 0,05 %	DKD R 6-1:2014 Calibration of Pressure Gauges (!No aplica numeral 8.5	
DG8	Presión	6,9 MPa p \pm 20,68 MPa (1000 psi \pm 3000 psi)	8,3 kPa (1,2 psi)	Manómetros analógico y digitales, transmisores de presión con indicador local clase $\pm 0,25\%$ a escala completa	Manómetro digital patrón clase 0,05 %	DKD R 6-1:2014 Calibration of Pressure Gauges (!No aplica numeral 8.5	
DG8	Presión	20,68 MPa p \pm 88,95 MPa (1000 psi \pm 10 000 psi)	28 kPa (4,0 psi)	Manómetros analógico y digitales, transmisores de presión con indicador local clase $\pm 0,25\%$ a escala completa	Manómetro digital patrón clase 0,05 %	DKD R 6-1:2014 Calibration of Pressure Gauges (!No aplica numeral 8.5	

Página 11 de 16

FR 353-03 V4 Aprobado 2021-09-01

Esta Acreditación está cubierta por los Acuerdos de Reconocimiento Multilateral suscritos por ONAC con



ANEXO DEL CERTIFICADO

PINZUAR S.A.S

11-LAC-004

ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2017

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

SEDE	SITIO	CÓDIGO	MAGNITUD	INTERVALO DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDIDA	INSTRUMENTO A CALIBRAR	INSTRUMENTOS, EQUIPOS PATRONES UTILIZADOS	DOCUMENTO NORMATIVO
DG1		Masa	0 g m \pm 210 g	$1,3 \times 10^{-6}$	Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático con $d \geq 0,01$ mg	Juego de pesas de clase OIML E, desde 1 mg a 1 kg	Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático SIM MWG7/gg-01/V.00 Año 2009	
DG1		Masa	210 g m \pm 1 kg	$2,2 \times 10^{-6}$	Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático con $d \geq 0,001$ g	Juego de pesas de clase OIML E, desde 1 mg a 1 kg	Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático SIM MWG7/gg-01/V.00 Año 2009	
DG1		Masa	1 kg m \pm 10 kg	$5,9 \times 10^{-6}$	Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático con $d \geq 0,01$ g	Juego de pesas de Clase OIML F, desde 1 mg a 10 kg	Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático SIM MWG7/gg-01/V.00 Año 2009	
DG1		Masa	10 kg m \pm 30 kg	$1,6 \times 10^{-5}$	Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático con $d \geq 0,1$ g	Juego de pesas de Clase OIML F y F, desde 1 mg a 10 kg	Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático SIM MWG7/gg-01/V.00 Año 2009	
DG1		Masa	30 kg m \pm 50 kg	$7,6 \times 10^{-5}$	Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático con $d \geq 0,002$ kg	Juego de pesas de Clase OIML M, desde 1 g a 20 kg	Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático SIM MWG7/gg-01/V.00 Año 2009	
DG1		Masa	50 kg m \pm 100 kg	$1,1 \times 10^{-4}$	Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático con $d \geq 0,005$ kg	Juego de pesas de Clase OIML M, desde 1 g a 20 kg	Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático SIM MWG7/gg-01/V.00 Año 2009	
DG1		Masa	100 kg m \pm 500 kg	$2,4 \times 10^{-4}$	Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático con $d \geq 0,05$ kg	Juego de pesas de Clase OIML M y M, desde 1 kg a 20 kg	Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático SIM MWG7/gg-01/V.00 Año 2009	

Página 12 de 16

FR 353-03 V4 Aprobado 2021-09-01

Esta Acreditación está cubierta por los Acuerdos de Reconocimiento Multilateral suscritos por ONAC con





ANEXO DEL CERTIFICADO

PINZUAR S.A.S

11-LAC-004

ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2017

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

SEDE	SITIO	CÓDIGO	MAGNITUD	INTERVALO DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDIDA	INSTRUMENTO A CALIBRAR	INSTRUMENTOS, EQUIPOS PATRONES UTILIZADOS	DOCUMENTO NORMATIVO
		DG1	Masa	500 kg < m ≤ 1000 kg	2,2 x 10 ⁻⁴	Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático con d ± 0,1 kg	Juego de pesas de Clase OIML M ₁ y M ₂ desde 1 kg a 20 kg	Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático SIM MWG77/g0-01/V.00 Año 2009
		DG1	Masa	1000 kg < m ≤ 5000 kg	5,4 x 10 ⁻⁴	Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático con d ± 0,5 kg	Juego de pesas de Clase OIML M ₁ y M ₂ desde 1 kg a 20 kg	Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático SIM MWG77/g0-01/V.00 Año 2009

Página 13 de 16

FR 3.5.3-03 V4 Aprobado 2021-09-01

Esta Acreditación está cubierta por los Acuerdos de Reconocimiento Multilateral suscritos por ONAC con



ANEXO DEL CERTIFICADO

PINZUAR S.A.S

11-LAC-004

ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2017

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

SEDE	SITIO	CÓDIGO	MAGNITUD	INTERVALO DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDIDA	INSTRUMENTO A CALIBRAR	INSTRUMENTOS, EQUIPOS PATRONES UTILIZADOS	DOCUMENTO NORMATIVO
		DG6	Fuerza	1 N < F ≤ 500 N	0,0063 % ***	Máquinas de Ensayo de Tracción	Juego de Pesas No Normalizadas de 1 N a 500 N	ISO 7500-1:2018 Metallic materials — Calibration and verification of static uniaxial testing machines — Part 1: Tension/compression testing machines — Calibration and verification of the force-measuring system
		DG6	Fuerza	0,5 kN < F ≤ 5 kN	0,11 % ***	Máquinas de Ensayo de Tracción	Transductor de Fuerza 5 kN Clase 00	
		DG6	Fuerza	5 kN < F ≤ 50 kN	0,11 % ***	Máquinas de Ensayo de Tracción	Transductor de Fuerza 50 kN Clase 00	
		DG6	Fuerza	50 kN < F ≤ 500 kN	0,10 % ***	Máquinas de Ensayo de Tracción	Transductor de Fuerza 50 kN Clase 00 500 kN Clase 0,5	
		DG6	Fuerza	0,5 kN < F ≤ 5 kN	0,089 % ***	Máquinas de Ensayo de Compresión	Juego de Pesas No Normalizadas de 1 N a 500 N	
		DG6	Fuerza	5 kN < F ≤ 50 kN	0,077 % ***	Máquinas de Ensayo de Compresión	Transductor de Fuerza 5 kN Clase 00	
		DG6	Fuerza	50 kN < F ≤ 200 kN	0,28 % ***	Máquinas de Ensayo de Compresión	Transductor de Fuerza 50 kN Clase 00	
		DG6	Fuerza	100 kN < F ≤ 1000 kN	0,11 % ***	Máquinas de Ensayo de Compresión	Transductor de Fuerza 500 kN Clase 0,5	

Página 14 de 16

FR 3.5.3-03 V4 Aprobado 2021-09-01

Esta Acreditación está cubierta por los Acuerdos de Reconocimiento Multilateral suscritos por ONAC con





ANEXO DEL CERTIFICADO

PINZUAR S.A.S

11-LAC-004

ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2017

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

SEDE	SITIO	INTERVALO DE MEDICIÓN	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDIDA	INSTRUMENTO A CALIBRAR	INSTRUMENTOS, EQUIPOS PATRONES UTILIZADOS	DOCUMENTO NORMATIVO
DI6	Caracterización de medios isotérmicos en temperatura (exactitud conjunto sensor indicador, homogeneidad y estabilidad)	$-20\text{ }^{\circ}\text{C} < t < 300\text{ }^{\circ}\text{C}$	0,35 %	Medios isotermos líquido: Baños líquidos Baños de maría Bloques secos	Termómetro digital: d = 0,01 °C / Juego de 9 termopares tipo k Termómetro digital: Patrón de referencia SPRT Rango -200 °C a 650 °C	CENAM Guía técnica de trazabilidad metrológica e incertidumbre de medida en caracterización térmica de baños y hornos de temperatura controlada (2012)
DI6	Caracterización de medios isotérmicos en temperatura (exactitud conjunto sensor indicador, homogeneidad y estabilidad)	$-20\text{ }^{\circ}\text{C} < t < 600\text{ }^{\circ}\text{C}$	0,057 %	Bloques secos	Termómetro digital: d = 0,01 °C / Juego de 9 termopares tipo k Termómetro digital: Patrón de referencia SPRT Rango -200 °C a 650 °C	CENAM Guía técnica de trazabilidad metrológica e incertidumbre de medida en caracterización térmica de baños y hornos de temperatura controlada (2012)
DI6	Caracterización de medios isotérmicos en temperatura (exactitud conjunto sensor indicador, homogeneidad y estabilidad)	$-20\text{ }^{\circ}\text{C} < t < 500\text{ }^{\circ}\text{C}$	0,31 %	Medios isotermos aire: hornos, incubadoras, cámaras climáticas, neveras	Termómetro digital: d = 0,01 °C / Juego de 9 termopares tipo k Termómetro digital: Patrón de referencia SPRT Rango -200 °C a 650 °C	DKD-R 5-7 Kalibrierung von Klimaschranken Ausgabe 09/2018

Notas:

* En la determinación de la incertidumbre expandida para este valor de CMC, fueron excluidas las fuentes debidas a la inestabilidad e homogeneidad, las cuales corresponden al medio isotérmico bajo calibración

** La calibración se realiza con masas de sustitución

Página 15 de 16

FR 35.3-03 V4 Aprobado 2021-09-01

Esta Acreditación está cubierta por los Acuerdos de Reconocimiento Multilateral suscritos por ONAC con



ANEXO DEL CERTIFICADO

PINZUAR S.A.S

11-LAC-004

ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2017

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

***Porcentaje de la lectura

1. Un se refiere al valor nominal
2. d se refiere a la resolución
3. m se refiere a la carga aplicada en unidades de masa
4. t se refiere a la temperatura en °C
5. p se refiere a la presión medida
6. L se refiere a la longitud
7. El valor de incertidumbre expandida expresada para calibración de instrumentos de pesaje no automático es relativo a la carga aplicada
8. Se usa la coma "," como separador decimal
9. La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" (aproximadamente igual a 2) con una probabilidad de cobertura aproximadamente del 95 %.
10. En la incertidumbre expandida de medición para la magnitud par torsional W (3) hace referencia a la incertidumbre expandida relativa al valor nominal.

Página 16 de 16

FR 35.3-03 V4 Aprobado 2021-09-01

Esta Acreditación está cubierta por los Acuerdos de Reconocimiento Multilateral suscritos por ONAC con



CALIBRACIÓN PRENSA

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza

Calibration Certificate - Laboratory of Force

F-30340-001 R0

Page / Pág. 1 de 4

Equipo MÁQUINA PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN

Instrument

Fabricante / Año TECNICAS CP (2020)

Manufacturer / Year

Modelo STYE-2000

Model

Número de Serie 200922

Serial Number

Identificación Interna BVG-0030

Internal Identification

Capacidad Máxima 2000 kN

Maximum Capacity

Solicitante VICAT GEOTESTING S.A.C.

Customer

Dirección MZA, F LOTE, 10 P.J. VILLA ESPERANZA

Address

Ciudad LIMA

City

Fecha de Calibración 2023 - 11 - 03

Date of calibration

Fecha de Emisión 2023 - 11 - 14

Date of issue

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos 04

Number of pages of the certificate and documents attached

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

Ing. Sergio Iván Martínez

Director Laboratorio de Metrología

Tecg. Jaiver López Poveda

Metrología Laboratorio de Metrología

LMPC-05-F-01-R33.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co


F-30340-001 RO

Page / Pág. 2 de 4

DATOS TÉCNICOS

Dirección de Carga	Compresión
Tipo de Indicación	Digital
Resolución	0,1 kN
Apreciación	0,1 kN
Clase	1,0
Límite Inferior de la Escala	20 kN
Documento de Referencia	ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La actividad se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia iniciando con la inspección del equipo y encontrándose como apto para la ejecución de las mediciones correspondientes. El proceso se inicia ejecutando las precargas hasta la carga máxima del equipo. A continuación, se realizaron mediciones en los valores de fuerza discretos acordados con el cliente ejecutando el método de fuerza indicada constante, en el que se lleva la indicación del equipo al valor de fuerza objetivo y se registran las lecturas del patrón. Cada lectura tomada se encuentra registrada en las tablas 1 y 2. Es importante destacar que se mantuvo una variación de temperatura inferior a 2 °C en cada serie de mediciones realizadas.

Durante el proceso de precargas, se identificó la necesidad de ajustar la indicación del equipo. Por lo tanto, en la Tabla 1 se registra el estado en el que se recibió inicialmente el equipo, mientras que en la Tabla 2 se muestra cómo se entregará al cliente después del ajuste. Es relevante mencionar que el ajuste de indicación se llevó a cabo únicamente con la previa autorización del cliente.

Tabla 1.

Indicaciones registradas durante las precargas, previas a ejecutar el ajuste de indicación.

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón			Promedio S _{1,2 y 3} kN	Errores Relativos	
		S ₁ Ascendente kN	S ₂ Ascendente kN	S ₃ Ascendente kN		Indicación q %	Repetibilidad b %
≈ %	kN						
10,0	200,0	198,187	198,298	187,722	194,735 6	2,77	5,882
20,0	400,0	396,369	396,249	396,048	396,221 9	0,95	0,082
30,0	600,0	596,673	596,094	594,359	595,375 7	0,78	0,294
40,0	800,0	792,882	793,072	793,203	793,052 3	0,88	0,041
50,0	1000,0	991,327	990,136	989,436	990,299 8	0,98	0,183

Tabla 2.

Indicaciones como se entrega de la máquina

Fuerza Nominal Indicada		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie				Promedio S _{1,2 y 3} kN
		S ₁ Ascendente kN	S ₂ Ascendente kN	S ₂ ' No Aplica ---	S ₃ Ascendente kN		S_{4} No Aplica ---
≈ %	kN					
5,0	100,0	100,104	100,481	---	100,084	100,222 9
10,0	200,0	200,591	200,691	---	200,279	200,520 1
15,0	300,0	300,063	300,335	---	300,124	300,173 8
20,0	400,0	400,767	400,958	---	400,848	400,857 9
25,0	500,0	500,507	500,186	---	500,146	500,279 8
30,0	600,0	600,437	600,151	---	600,101	600,229 5
35,0	700,0	700,074	699,964	---	699,853	699,963 6
40,0	800,0	798,897	798,767	---	799,283	798,982 3
45,0	900,0	897,593	897,198	---	896,977	897,256 0
50,0	1000,0	995,941	996,111	---	995,645	995,898 8

Tabla 3.

 Error realtivo de cero, f₀, calculado para cada serie de medición a partir de la indicación de cero residual obtenida tras la descarga del IBC.

f _{0, S1} %	f _{0, S2} %	f _{0, S2'} %	f _{0, S3} %	f _{0, S4} %
0,000	0,000	---	0,000	---

LM-PC-06-F-01 R13.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co


F-30340-001 R0

Page / Pág. 3 de 4

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 4.
 Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC	Indicación	Error Relativo de ...			Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida		$k_{p=95\%}$
		q	Repetibilidad	Reversibilidad		a	U	
= %	kN	%	b %	v %	a %	kN	%	---
5,0	100,0	-0,22	0,395	---	0,100	0,28	0,28	2,01
10,0	200,0	-0,26	0,205	---	0,050	0,56	0,28	2,01
15,0	300,0	-0,06	0,090	---	0,033	0,33	0,11	2,32
20,0	400,0	-0,21	0,047	---	0,025	0,44	0,11	2,05
25,0	500,0	-0,06	0,072	---	0,020	0,55	0,11	2,23
30,0	600,0	-0,04	0,056	---	0,017	0,66	0,11	2,09
35,0	700,0	0,01	0,032	---	0,014	0,77	0,11	2,02
40,0	800,0	0,13	0,065	---	0,013	0,88	0,11	2,17
45,0	900,0	0,31	0,069	---	0,011	0,99	0,11	2,23
50,0	1000,0	0,41	0,047	---	0,010	1,1	0,11	2,07

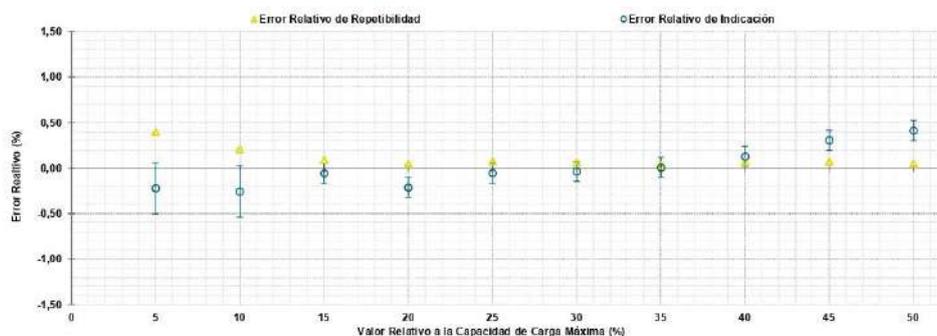


Figura 1. Representación gráfica de los resultados de la Calibración del IBC.

Tabla 5.
 Coeficientes para el cálculo de la fuerza corregida a partir de los resultados reportados. Donde F (kN) es la fuerza calculada y X (kN) es el valor de la indicación mostrada por el IBC.

$$F = A + (B * X) + (C * X^2) + (D * X^3)$$

A	B	C	D
2,705 440 E-01	9,990 630 E-01	9,233 561 E-06	-1,279 896 E-08

El usuario es responsable de la inclusión y cálculo de la fuente de incertidumbre correspondiente en sus mediciones al utilizar esta ecuación.

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la Calibración fue AREA DE ENSAYO DE CONCRETO de la empresa VICAT GEOTESTING S.A.C. ubicada en LIMA. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima: 22,4 °C
 Humedad Relativa Máxima: 75 % hr

Temperatura Ambiente Mínima: 20,0 °C
 Humedad Relativa Mínima: 62 % hr

LMPC-05F-01 R13.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co

**F-30340-001 R0**

Page / Pág. 4 de 4

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

El factor de cobertura, k , reportado en la Tabla 4 es coherente con el tipo de distribución de probabilidad dominante en la estimación de la incertidumbre de medición.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos y se pueden descargar accediendo al enlace del código QR.



Equipo de Referencia	Modelo	No. Serie	Clase	Certificado de Calibración	Próxima Calibración
Transductor de Fuerza 1000 kN	C8S	930039	0.6	5927 del INM de Colombia	2024-06

CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza la escala de la máquina de ensayo. Según ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system.

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1,0	1,0	1,50	0,10	0,50
2	2,0	2,0	3,00	0,20	1,00
3	3,0	3,0	4,50	0,30	1,50

*El error relativo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

OBSERVACIONES

- Se usa la coma (,) como separador decimal.
- Los valores de fuerza en los que se ha ejecutado la calibración fueron acordados y aprobados con el cliente.
- En cualquier caso, la máquina de ensayos debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. ISO 7500-1:2018
- Se adjunta etiqueta de calibración No. **F-30340-001**

Fin del Certificado

LM-PC-05.F.01 R13.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: LABORATORIO DE TEMPERATURA

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura

T-28056-003 R0

Calibration Certificate - Temperature Laboratory

Page / Pág 1 de 5

Equipo <i>Instrument</i>	HORNO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Fabricante <i>Manufacturer</i>	PERUTEST	
Modelo <i>Model</i>	PT-H76	
Número de Serie <i>Serial Number</i>	0137	
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	2021052	
Intervalo de Medición <i>Measurement Range</i>	30 °C a 300 °C	
Solicitante <i>Customer</i>	INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C. - INGENIOCONTROL S.A.C.	
Dirección <i>Address</i>	Mz. A Lt 24 Urb. Mayorazgo 2da etapa - SMP	
Ciudad <i>City</i>	Lima - Peru	
Fecha de Calibración <i>Date of Calibration</i>	2022 - 12 - 20	
Fecha de Emisión <i>Date of Issue</i>	2023 - 01 - 10	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	05	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

Ing. Sergio Ivan Martinez
 Director Laboratorio de Metrología

Tecg. Andrés Molina Ruiz
 Metrologo Laboratorio de Metrología

LM-PC-21-F-01 R8.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

DATOS TÉCNICOS

Método Empleado: Comparación Directa
Resolución: 0,1 °C
Volumen Útil: 61,3 L

Documento de Referencia: DAKKS DKD-R 5 - 7 Kalibrierung von Klimaschränken Ausgabe 08/2018

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Al medio isotermo en referencia se le efectuó una inspección visual y se determinó que estaba en buen estado. Se establece que el medio presentaba una buena condición para la calibración, luego se procedió a la calibración y caracterización respectiva en los puntos acordados con el cliente ejecutando las pruebas definidas del Método B) Calibración realizada en el volumen útil abarcado por la ubicación de los sensores en un medio isotermo aire con carga.

Tabla 1.
 Resultados de la medición de temperatura en posición de referencia

Set Point ¹	Indicación Promedio del Patrón	Indicación Promedio del IBC	Corrección a la Indicación	Incertidumbre Expandida U	$k_{95}=95,45\%$
°C	°C	°C	°C	°C	-----
60,0	60,8	60,3	0,5	1,0	2,01
110,0	110,5	109,9	0,5	3,8	2,01
150,0	153,2	149,9	3,2	11,4	2,01
180,0	184,2	180,0	4,2	14,3	2,01



Figura 1. Posición de cada sensor.

Tabla 2.
 Resultados de la caracterización del volumen del IBC para 60 °C

Set Point ¹	Uniformidad ³	Estabilidad ²	Efecto de Radiación ⁴	Efecto de Carga ⁵
°C	°C	°C	°C	°C
60,0	0,712	0,253	0,291	No Aplica

Tabla 3.
 Valores de temperatura promedio medidos en cada posición del volumen para el Set Point igual a 60 °C

Posición de Referencia	Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4	Posición 5	Posición 6	Posición 7	Posición 8
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
60,77	60,84	60,52	60,51	60,69	60,06	60,40	60,72	60,18

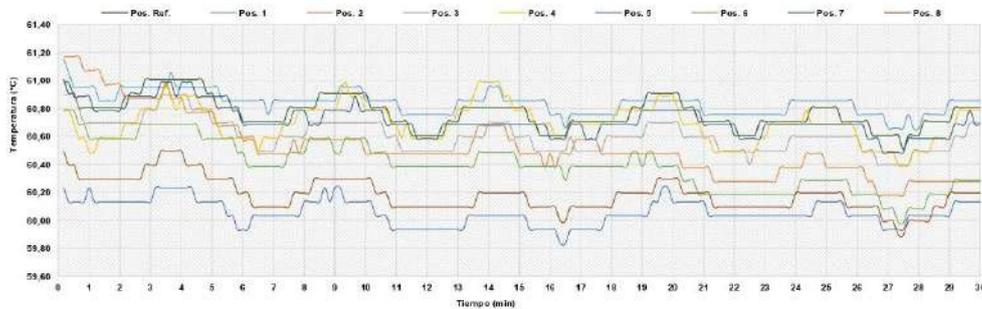


Figura 2. Comportamiento de la temperatura en cada posición durante el registro de datos en estado considerado estable.

LM-PC-21-F-01 REV.0

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co


T-28056-003 RO

Page / Pág. 3 de 5

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)
Tabla 4.
 Resultados de la caracterización del volumen del IBC para 110 °C

Set Point ¹	Uniformidad ³	Estabilidad ²	Efecto de Radiación ⁴	Efecto de Carga ⁵
°C	°C	°C	°C	°C
110,0	0,712	0,263	0,291	No Aplica

Tabla 5.
 Valores de temperatura promedio medidos en cada posición del volumen para el Set Point igual a 110 °C

Posición de Referencia	Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4	Posición 5	Posición 6	Posición 7	Posición 8
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
110,48	107,70	108,53	111,60	113,18	109,07	110,42	111,81	111,75

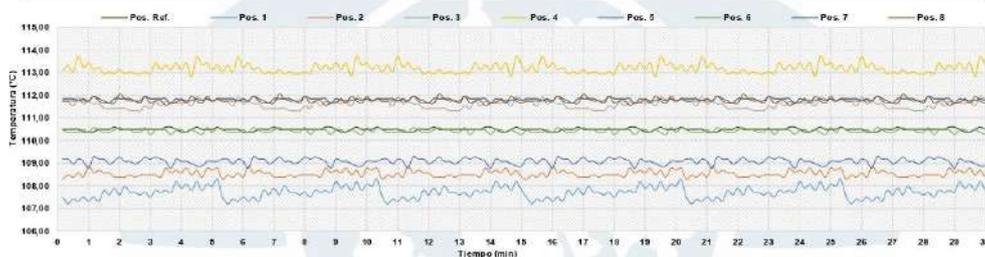


Figura 3. Comportamiento de la temperatura en cada posición durante el registro de datos en estado considerado estable.

Tabla 6.
 Resultados de la caracterización del volumen del IBC para 150 °C

Set Point ¹	Uniformidad ³	Estabilidad ²	Efecto de Radiación ⁴	Efecto de Carga ⁵
°C	°C	°C	°C	°C
150,00	8,578	0,368	4,719	No Aplica

Tabla 7.
 Valores de temperatura promedio medidos en cada posición del volumen para el Set Point igual a 150 °C

Posición de Referencia	Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4	Posición 5	Posición 6	Posición 7	Posición 8
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
153,177	155,917	155,733	154,441	157,994	161,755	153,718	153,034	150,681

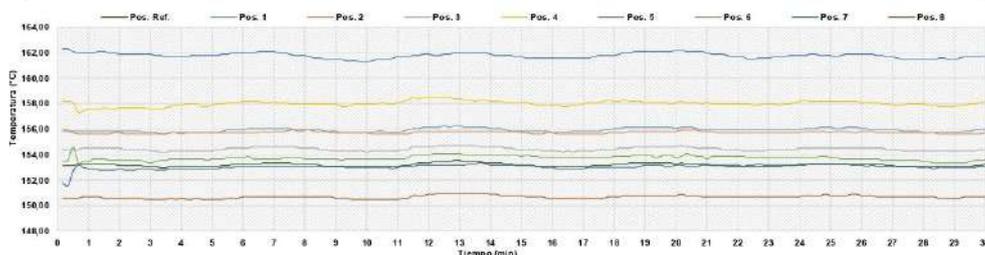


Figura 4. Comportamiento de la temperatura en cada posición durante el registro de datos en estado considerado estable.

LMP-21-F-01 R2.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No.18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co

**T-28056-003 RO**

Page / Pág 4 de 5

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)

Tabla 8.
Resultados de la caracterización del volumen del IBC para 180 °C

Set Point ¹ °C	Uniformidad ³ °C	Estabilidad ² °C	Efecto de Radiación ⁴ °C	Efecto de Carga ⁵ °C
180,00	11,559	0,217	4,336	No Aplica

Tabla 9.
Valores de temperatura promedio medidos en cada posición del volumen para el Set Point igual a 180 °C

Posición de Referencia °C	Posición 1 °C	Posición 2 °C	Posición 3 °C	Posición 4 °C	Posición 5 °C	Posición 6 °C	Posición 7 °C	Posición 8 °C
184,168	189,079	188,330	186,430	194,094	195,728	187,042	184,142	181,356

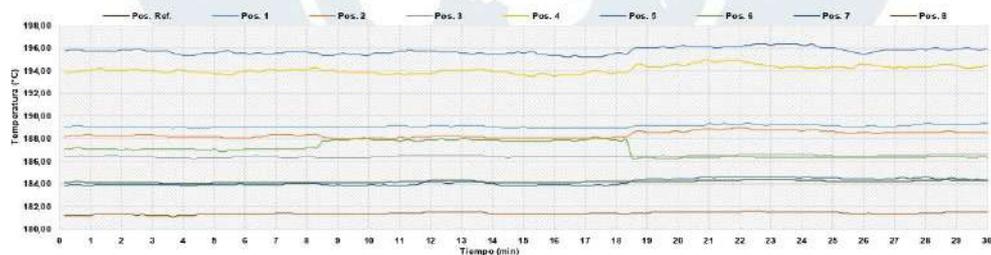


Tabla 10.
LM-PC-214-F-01 R9.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co

**T-28056-003 R0**

Page / Pág 5 de 5

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)**Definiciones**

- ¹ Valor de temperatura programado en el controlador de equipo.
- ² Fluctuación de la temperatura determinada por un registro de datos durante un periodo mayor o igual a 30 minutos, después de alcanzado el estado estable en la posición de referencia (centro del volumen útil).
- ³ Diferencia máxima de temperatura en un lugar de medición determinado por los extremos del volumen útil desde la posición de referencia.
- ⁴ Aplica para medios isotermos con aire como fluido y corresponde al intercambio de calor por radiación dado por la temperatura ambiente y la pared interna de la cámara que se diferencian a la temperatura del aire medida con un termómetro que está protegido contra la influencia con un escudo.
- ⁵ Aplica para medios isotermos con aire como fluido y corresponde a la máxima diferencia de temperatura encontrada por el sensor ubicado en la posición de referencia cuando el volumen útil del equipo está parcialmente ocupado y cuando se encuentra vacío. Esta prueba se ejecuta según acuerdo previo con el cliente.

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de calibración fue AREA DE CONCRETO ; INGEOCONTROL S.A.C. ; LIMA . Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Máxima	26,1 °C	Humedad Máxima	77 %HR
Temperatura Mínima	23,8 °C	Humedad Mínima	67 %HR

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2 Tablas de resultados), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95 % y no menor a este valor. Basados en el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

El/Los resultado(s) reportado(s) en este certificado(s) de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metroológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado (s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR *)



Equipo	Certificado de Calibración
Termómetro Digital Multicanal	T-24241-004 R0 Pinzuar

OBSERVACIONES

- Se usa la coma como separador decimal.
- El número de puntos de calibración, cantidad de sensores y ubicación son acordados y aceptados por el cliente
- El volumen útil o zona de trabajo donde es válida la caracterización es acordada con el cliente.
- Se adjunta la etiqueta de calibración **No. T-00028-056**

Fin del Documento

LMFC-ZI-F-01,890

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura