

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Impacto de la incertidumbre de la gravedad específica de
agregados en la resistencia a compresión de concretos de 210
kg/cm²**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Daniel Eliseo Lozano Rojas
Franklin Wilder Enciso Rios

Asesor:

Mg. Armin Quintana Sanchez

Lima, 12 junio del 2026

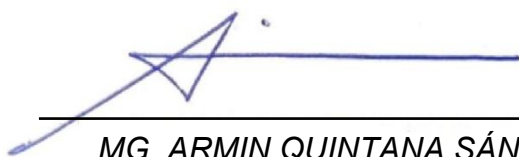
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo *Armin Quintana Sanchez*, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil , de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Impacto de la incertidumbre de la gravedad específica de agregados en la resistencia a compresión de concretos de 210 kg/cm²”** de los autores; Daniel Eliseo Lozano Rojas, Franklin Wilder Enciso Rios, tiene un índice de similitud de 11% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 16 días del mes de marzo del año 2026.



MG. ARMIN QUINTANA SÁNCHEZ
ING. CIVIL
CIP N° 98527

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a 24 día(s) del mes de abril del año 2026 siendo las 11:30 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Dr. Rolando Quispe Basualdo, el (la) secretario(a): Mtra. Fiorella Maira Zapata Antezana y los demás miembros: Mg. Juana Beatriz Aquise Pari y el (la) asesor(a) Mg. Armin Quintana Sánchez

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: "Impacto de la incertidumbre de la gravedad específica de agregados en la resistencia a compresión de concretos de 210Kg/cm²"

del(los) bachiller/es: a) Lozano Rojas Daniel Eliseo
b) Enciso Rios Franklin Wilder
c)

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Civil
(Designación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Lozano Rojas Daniel Eliseo

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Líteral	Cualitativa	
<u>Desaprobado</u>	<u>08</u>	<u>D</u>	<u>Deficiente</u>	<u>Insuficiente</u>

Bachiller (b): Enciso Rios Franklin Wilder

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Líteral	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>14</u>	<u>C</u>	<u>Aceptable</u>	<u>Bueno</u>

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Líteral	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
Presidente/a
Ausente
Asesor/a
[Firma]
Bachiller (a)

[Firma]
Miembro
[Firma]
Bachiller (b)

[Firma]
Secretario/a
[Firma]
Miembro
[Firma]
Bachiller (c)

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a 12 día(s) del mes de junio del año 2026 siendo las 11:30 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Dr. Rolando Quispe Basualdo

Zapata Antesana

Aguise Pari

Sánchez

el (la) secretario(a): Mtra. Fiorella Maira

y los demás miembros: Mg. Juana Beatriz

y el (la) asesor(a) Mg. Armin Quintana

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:

"Impacto de la incertidumbre de la gravedad específica de agregados en la resistencia a compresión de concretos de 210 Kg/cm²"

del(los) bachiller/es: a) Lozano Rojas, Daniel Eliseo

b).....

c).....

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Civil

(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Lozano Rojas, Daniel Eliseo

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>14</u>	<u>C</u>	<u>Aceptable</u>	<u>Bueno</u>

Bachiller (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
Presidente/a

[Firma]
Miembro

[Firma]
Secretario/a

[Firma]
Asesor/a
[Firma]
Bachiller (a)

[Firma]
Bachiller (b)

[Firma]
Miembro
[Firma]
Bachiller (c)

ÍNDICE

ABSTRACT	6
RESUMEN	6
1. INTRODUCCIÓN	7
2. MATERIALES Y MÉTODOS	9
2.1 Materiales	9
2.2 Diseño experimental y de mezcla	10
2.3 Procedimiento de ensayo	10
2.4 Estimación de la incertidumbre de medición	11
2.5 Análisis estadístico	12
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
3.1 Caracterización de materiales	13
3.2 Evaluación de la incertidumbre en propiedades críticas	13
3.3 Proporciones de mezcla por volumen en los tres escenarios	14
3.4 Resistencia a la compresión a 28 días	15
3.5 Análisis estadístico	15
3.6 Discusión de resultados	17
4. CONCLUSIONES	19
AGRADECIMIENTOS	20
DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA	20
REFERENCIAS	20
ANEXOS	22
Anexo 1. Registro fotográfico y caracterización	22
Anexo 2. Informes de ensayo e incertidumbre - agregado fino	24
Anexo 3. Informes de ensayo e incertidumbre - agregado grueso	46
Anexo 4. Certificados de calibración	57
Anexo 5. Reporte de similitud Turnitin	66

Impact of the uncertainty of aggregate specific gravity on the compressive strength of 210 kg/cm² concrete

Impacto de la incertidumbre de la gravedad específica de agregados en la resistencia a compresión de concretos de 210 kg/cm²

D.Rojas ^a, F.Enciso ^b, A.Quintana ^c ✉

a. Universidad Peruana Unión (Lima, Perú)

b. Universidad Peruana Unión (Lima, Perú)

c. Universidad Peruana Unión (Lima, Perú)

✉: daniellozano@gmail.com

ABSTRACT: This exploratory case study analyzes the impact of measurement uncertainty in the determination of saturated surface-dry specific gravity (GS SSD) and water absorption of fine and coarse aggregates on the compressive strength of a 210 kg/cm² concrete. Aggregates were characterized according to ASTM standards, and the uncertainty of GS SSD and absorption was estimated using a combined Type A/Type B approach, following the GUM framework and the INACAL DA-ACR-09D guideline based on intralaboratory data. These uncertainty estimates were then propagated through the absolute volume method of ACI 211.1 to define three mix-design scenarios: a nominal mixture, a mixture with parameters decreased by the expanded uncertainty, and a mixture with parameters increased by the same amount ($k = 2$, 95% confidence). Three cylinders were cast for each scenario ($n = 9$) and tested in compression at 28 days. Variations in GS SSD and absorption produced only small changes in volumetric proportions (on the order of 1–2%), yet led to differences of approximately 42 kg/cm² between the extreme mean strengths ($\approx 20\%$ of the target strength), with internal coefficients of variation below 3%. One-way ANOVA and Tukey's test confirmed statistically significant differences ($p < 0.001$) among scenarios. The results indicate that uncertainty associated with aggregate characterization can be a relevant source of variability in compressive strength; consequently, its explicit quantification and integration into mix design and quality control support more traceable decisions consistent with ISO/IEC 17025 principles.

KEY WORDS: Concrete; Aggregates; Measurement uncertainty; Mix design; Compressive strength

RESUMEN: Este estudio analiza, en un estudio de caso exploratorio, el impacto de la incertidumbre de medición en la determinación de la gravedad específica en condición saturada superficialmente seca (GS SSD) y la absorción de agregados finos y gruesos sobre la resistencia a la compresión de un concreto de 210 kg/cm². Los agregados se caracterizaron según normas ASTM, y la incertidumbre de GS SSD y absorción se estimó mediante un modelo combinado Tipo A/Tipo B, siguiendo la GUM y la directriz INACAL DA-ACR-09D a partir de datos intralaboratorio. Con estos valores se definieron tres escenarios de dosificación por el método de volúmenes absolutos del ACI 211.1: mezcla nominal, mezcla con parámetros disminuidos y mezcla con parámetros aumentados en una magnitud igual a la incertidumbre expandida ($k = 2$, 95 % de confianza). Se moldearon tres cilindros por escenario ($n = 9$) y se ensayaron a los 28

días. Las variaciones en GS SSD y absorción generaron cambios modestos en las proporciones volumétricas (del orden de 1–2 %), pero produjeron diferencias de aproximadamente 42 kg/cm² entre las resistencias medias extremas (≈ 20 % de la resistencia objetivo), con coeficientes de variación internos inferiores al 3 %. El ANOVA y la prueba de Tukey confirmaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.001$) entre escenarios. Los resultados muestran que la incertidumbre asociada a la caracterización de agregados puede constituir una fuente relevante de variabilidad en la resistencia, por lo que su cuantificación e inclusión explícita en el diseño de mezclas y en el control de calidad contribuye a decisiones más trazables y coherentes con el enfoque de la ISO/IEC 17025.

PALABRAS CLAVE: Concreto; Agregados; Incertidumbre de medición; Diseño de mezcla; Resistencia a compresión

ORCID ID: Daniel Eliseo Lozano Rojas (<https://orcid.org/0009-0009-0602-4904>); Franklin Wilder Enciso Rios (<https://orcid.org/0009-0007-2125-9504>)

1. INTRODUCCIÓN

La dosificación del concreto depende en gran medida de las propiedades de los agregados, en particular de la densidad relativa en condición saturada superficialmente seca (GS SSD) y de la absorción de agua, parámetros fundamentales para el cálculo de los volúmenes absolutos y para la estimación precisa de la relación agua/cemento en el método de volúmenes del ACI 211.1 (ACI, 2022). Variaciones en la determinación de estos valores, obtenidos mediante métodos normalizados como ASTM C127 y ASTM C128, entendidas como incertidumbre de medición del resultado (y no como una propiedad intrínseca del agregado), pueden inducir errores en la estimación de los volúmenes de agua y cemento, afectando la homogeneidad de la mezcla y, en consecuencia, la resistencia a la compresión del concreto (f'_c). La literatura reciente sobre desempeño del concreto muestra que la variabilidad en los constituyentes y en los procesos de ensayo obliga con frecuencia a sobre diseñar las mezclas ($f'_{cr} > f'_c$) para reducir el riesgo de no cumplimiento de los códigos estructurales, con el consiguiente incremento en consumo de cemento y emisiones asociadas (Brown et al., 2019; Mahjoubi et al., 2025)

En la práctica profesional, sin embargo, la propagación de la incertidumbre de medición asociada a GS SSD y absorción rara vez se cuantifica y comunica de forma sistemática. Estudios intralaboratorio en mecánica de suelos y agregados han demostrado que es posible alcanzar incertidumbres expandidas muy bajas para parámetros físicos cuando se aplica rigurosamente el enfoque metrológico. Por ejemplo, (Núñez, 2023) estimó una incertidumbre expandida ($k = 2$) de 0.01 g/cm³ para la gravedad específica de sólidos según ASTM D854 y de 0.1 % para el contenido de humedad de acuerdo a ASTM D2216 en un laboratorio peruano, identificando que la mayor contribución al presupuesto de incertidumbre provenía de la medición de masa del matraz con agua (53.8 %), seguida de la repetibilidad del método (21.9 %). Estos resultados muestran que los laboratorios pueden cumplir con los criterios de precisión de las normas ASTM, pero también evidencian que la incertidumbre real depende de la combinación de fuentes instrumentales, ambientales y operativas, y no solo de la repetibilidad declarada en las normas.

La metrología de la medición ofrece un marco consolidado para abordar esta problemática. La Guía para la expresión de la incertidumbre de la medición (JCGM, 2008) establece un procedimiento estándar para definir el mensurando, identificar las fuentes de variabilidad mediante diagramas causa–efecto, clasificarlas en evaluaciones de Tipo A (basadas en análisis estadístico de observaciones repetidas) y Tipo B (basadas en información externa, como certificados de calibración o especificaciones normativas), y combinarlas mediante la ley de propagación de la incertidumbre (JCGM, 2008). En el contexto nacional, el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) ha formalizado la Directriz DA-ACR-09D, que adapta estos lineamientos a laboratorios de ensayo y calibración, proponiendo un enfoque estructurado para construir presupuestos de incertidumbre trazables a la ISO/IEC 17025:2017 (Núñez, 2023; Valeriano & Alayza, 2015). En este marco, la estimación y declaración de la incertidumbre de medición no es un ejercicio teórico, sino un requisito clave para la toma de decisiones de conformidad y para la gestión del riesgo de aceptación o rechazo erróneo de materiales (Gavela et al., 2019; Mahjoubi et al., 2025)

En el caso específico de la resistencia a la compresión del concreto, la investigación reciente ha demostrado que la incertidumbre del ensayo no depende únicamente de la repetibilidad de la máquina de ensayo, sino de múltiples factores concurrentes, tales como la geometría del espécimen, la alineación de las placas de carga, la fricción en los extremos, las condiciones de curado y la dispersión intrínseca del material (Talaat et al., 2021). Gavela et al. (2019), mediante un diseño experimental multifactorial y una evaluación de incertidumbre de Tipo A bajo la norma EN 12390-3, estimaron una incertidumbre expandida del orden de 17 % para la resistencia de un solo espécimen cúbico; esta se reduce aproximadamente al 11 % cuando se promedian tres especímenes y al 7 % con diez especímenes. Por su parte, tesis recientes que aplican la guía GUM y la ISO/IEC 17025 reportan incertidumbres expandidas más bajas (del orden de 3–5 %) para cilindros de concreto en resistencias de diseño típicas, lo que refleja diferencias metodológicas y de escala de análisis (Núñez, 2023). En conjunto, estos trabajos confirman que la incertidumbre total de f'_c no proviene únicamente del equipo de ensayo, sino también de la preparación de las muestras y de las propiedades físicas de los materiales constituyentes (Gavela et al., 2023; Mahjoubi et al., 2025).

Pese a estos avances, persiste una desconexión entre la evaluación de la incertidumbre en la caracterización de agregados y la evaluación de la incertidumbre en los ensayos de resistencia. Por un lado, estudios como el de Núñez (2023) han desarrollado presupuestos de incertidumbre detallados para ensayos de suelos y agregados, incluyendo gravedad específica, granulometría y contenido de humedad, principalmente con fines de aseguramiento de la calidad en laboratorios geotécnicos. Por otro lado, investigaciones como las de Gavela et al. (2019) y Talaat et al. (2021) han construido presupuestos multifactoriales para el ensayo de compresión de concreto, identificando y cuantificando la contribución de variables geométricas, mecánicas y operativas. Sin embargo, en la literatura revisada no se encontraron estudios que propaguen explícitamente la incertidumbre de la medición de la gravedad específica o la absorción de los agregados a través de las ecuaciones de diseño de mezcla (como ACI 211.1) para cuantificar el impacto en la dosificación de materiales y en la variabilidad final de f'_c . Esta ausencia es particularmente notoria en el contexto latinoamericano, donde las exigencias de

acreditación bajo ISO/IEC 17025 conviven con recursos experimentales limitados y con la necesidad de optimizar el consumo de cemento.

En este contexto, se identifica un vacío de conocimiento específico: la falta de estudios que integren de manera conjunta (i) la determinación experimental de GS SSD y absorción de agregados finos y gruesos bajo un enfoque de incertidumbre de medición, (ii) la propagación de esas incertidumbres hacia el diseño de mezcla de un concreto de resistencia objetivo mediante el método de volúmenes absolutos, y (iii) la comparación de la variabilidad resultante con la incertidumbre propia del ensayo de compresión. La inexistencia de esta combinación (i–ii–iii) limita la capacidad de los laboratorios para juzgar si los esfuerzos invertidos en reducir la incertidumbre en la caracterización de agregados tienen un efecto tangible sobre la consistencia de la resistencia final o si dicho efecto queda enmascarado por la variabilidad inherente del ensayo de rotura (Gavela et al., 2019; Núñez, 2023).

Frente a esta brecha, el presente trabajo se plantea como un estudio de caso exploratorio en un laboratorio de materiales de construcción del contexto peruano. Su objetivo es cuantificar el impacto de la incertidumbre expandida ($k = 2$; 95 % de confianza) asociada a la medición a la determinación de GS SSD y absorción de los agregados en la resistencia a la compresión a 28 días de un concreto de 210 kg/cm², diseñado por el método de volúmenes absolutos del ACI 211.1. Para ello, se evalúan tres escenarios de mezcla derivados de la propagación de la incertidumbre de GS SSD y absorción (valor nominal, valor disminuido por U_{exp} y valor incrementado por U_{exp}) y se comparan sus resistencias mediante ANOVA y prueba de Tukey. La hipótesis de trabajo es que la variabilidad inducida por la propagación de estas incertidumbres en los agregados puede ser de magnitud comparable a la incertidumbre asociada al ensayo de compresión, al menos en las condiciones específicas de este laboratorio. El propósito no es auditar el cumplimiento de la norma ni del laboratorio, sino operacionalizar los lineamientos de la GUM, de la ISO/IEC 17025 y de la directriz INACAL DA-ACR-09D en un caso representativo, generando evidencia experimental que permita refinar criterios de dosificación y fortalecer la trazabilidad metrológica de los resultados de f'_c en concretos de uso convencional.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

Los agregados utilizados fueron de origen natural, correspondientes a un concreto convencional de uso estructural. El agregado grueso fue una grava triturada clasificada con USO 67 según ASTM C33, con tamaño máximo nominal de 19 mm ($\frac{3}{4}$ "), y el agregado fino fue una arena de granulometría continua.

La caracterización de la densidad relativa en condición saturada superficialmente seca (GS SSD) y de la absorción de los agregados grueso y fino se realizó conforme a ASTM C127 y ASTM C128, respectivamente. El contenido de humedad se determinó según ASTM C566, el peso unitario según ASTM C29 y la granulometría según ASTM C136.

Todos los materiales fueron acondicionados y ensayados en un ambiente controlado con temperatura de (23 ± 2) °C y humedad relativa monitorizada mediante termohigrómetro,

verificando que las condiciones se mantuvieran dentro del rango recomendado por las normas aplicables.

2.2. Diseño experimental y de mezcla

El diseño de mezcla se realizó siguiendo el método de volúmenes absolutos recomendado por ACI 211.1 para una resistencia objetivo a la compresión de 210 kg/cm² a 28 días. A partir de los valores nominales de GS SSD y absorción determinados para los agregados, se definió una mezcla base y se evaluó el efecto de la incertidumbre de medición de estos parámetros sobre el diseño de dosificación.

Con este propósito se consideraron tres escenarios experimentales de dosificación:

- M0 (Mezcla base): diseño de mezcla utilizando los valores nominales de GS SSD y absorción de agregado grueso y fino.
- M-U (Mezcla con parámetros disminuidos): diseño de mezcla empleando los valores de GS SSD y absorción reducidos en una magnitud igual a la incertidumbre expandida asociada a cada parámetro.
- M+U (Mezcla con parámetros aumentados): diseño de mezcla empleando los valores de GS SSD y absorción aumentados en la misma magnitud de incertidumbre expandida.

En cada escenario de mezcla se moldearon tres especímenes cilíndricos de 100 × 200 mm, para un total de $n = 9$ cilindros ensayados a los 28 días. Los cilindros se moldearon y curaron conforme a ASTM C192, empleando las mismas condiciones de laboratorio (mismo operador, equipo y ambiente de curado) con el fin de mantener condiciones de repetibilidad y aislar, en lo posible, la variabilidad atribuible a cambios en la dosificación.

La consistencia del concreto fresco se verificó mediante el ensayo de asentamiento (ASTM C143) en cada mezcla, únicamente como control interno de la trabajabilidad, sin formar parte del análisis estadístico de resultados.

Este diseño (3 escenarios × 3 cilindros) es consistente con la práctica de considerar el promedio de tres especímenes como “resultado de ensayo” en normas de concreto y se plantea explícitamente como un estudio de caso exploratorio orientado al análisis del comportamiento local del laboratorio bajo condiciones controladas, más que a la generalización poblacional de resultados.

El presente diseño corresponde a un estudio de caso exploratorio intralaboratorio orientado a evaluar sensibilidad y trazabilidad (no a construir un modelo generalizable). En ese marco, el triplicado por escenario se utiliza para estimar un valor medio representativo bajo condiciones controladas; cualquier extrapolación a otras fuentes de agregado, plantas o condiciones de obra requiere validación adicional. Esta delimitación permite interpretar los hallazgos con el rigor adecuado al nivel del estudio, evitando conclusiones prescriptivas fuera del contexto evaluado.

2.3. Procedimiento de ensayo

La determinación de la densidad relativa SSD y absorción del agregado grueso se realizó conforme a ASTM C127. Previamente, el material fue lavado, secado hasta masa constante y posteriormente sumergido el tiempo especificado por la norma para asegurar la condición SSD, verificando el estado superficial mediante el método de toalla. Las mediciones de masa se efectuaron en una balanza con resolución de 1 g, cuya calibración e incertidumbre estaban documentadas mediante certificado vigente.

Para el agregado fino se siguió ASTM C128, empleando el método del picnómetro. La arena se acondicionó hasta alcanzar la condición SSD mediante el procedimiento de enrasado con cono de arena, y las determinaciones de masa se realizaron en una balanza con resolución de 0.1 g. El volumen del picnómetro se obtuvo a partir de su calibración, registrada en el laboratorio. En ambos casos, las condiciones ambientales se mantuvieron dentro del rango de $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Los especímenes de concreto se moldearon y curaron según ASTM C192, utilizando los materiales caracterizados previamente y las tres dosificaciones definidas (M0, M-U, M+U). Transcurridos 28 días de curado, los cilindros se ensayaron a compresión en una máquina hidráulica de carga controlada, conforme a ASTM C39. La máquina contaba con una resolución de 0.5 kN y con certificado de calibración vigente emitido, del cual se disponía de la incertidumbre de medición asociada.

2.4. Estimación de la incertidumbre de medición

La estimación de la incertidumbre de medición para la GS SSD y la absorción de los agregados se realizó bajo el marco de la GUM (JCGM, 2008) y la directriz INACAL DA-ACR-09D, empleando un modelo combinado que integra componentes de incertidumbre de Tipo A y Tipo B.

Dado que en el presente estudio se efectuó una única determinación de GS SSD y absorción para cada tipo de agregado, la componente de repetibilidad (Tipo A) se obtuvo a partir de un estudio intralaboratorio previo de control de calidad, realizado en el mismo laboratorio sobre una muestra patrón de agregado grueso y otra de agregado fino. En dicho estudio se efectuaron 10 repeticiones por material bajo condiciones de repetibilidad (mismo operador, mismo equipo, mismo procedimiento y mismo ambiente), calculándose la desviación estándar experimental de las series de resultados. Esta desviación estándar se adoptó como incertidumbre estándar asociada a la aleatoriedad del proceso de medición en condición de repetibilidad.

La adopción de esta desviación estándar histórica como componente Tipo A para una determinación de rutina ($n = 1$) es coherente con el enfoque GUM/Eurachem, siempre que el proceso se mantenga bajo condiciones equivalentes de repetibilidad. En este estudio, dicha equivalencia se aseguró manteniendo constantes: (i) el procedimiento normalizado (ASTM C127/C128), (ii) el operador autorizado, (iii) los mismos equipos con calibración vigente, y (iv) condiciones ambientales controladas dentro de $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$, consistentes con el estudio intralaboratorio previo. De este modo, la componente Tipo A representa la repetibilidad del método bajo control interno, y no una variación atribuible al material.

Las componentes de Tipo B incluyeron principalmente:

- la incertidumbre asociada a la calibración de las balanzas (a partir de los certificados de calibración, que reportan incertidumbre expandida con $k = 2$),
- la resolución de las balanzas utilizadas (1 g y 0.1 g, respectivamente),
- la incertidumbre asociada al volumen del picnómetro en el caso del agregado fino,
- y otras contribuciones identificadas en el diagrama causa–efecto elaborado según la guía INACAL DA-ACR-09D.

Las incertidumbres expandidas reportadas en los certificados de calibración se convirtieron a incertidumbres estándar dividiéndolas entre el factor de cobertura indicado (típicamente $k = 2$). Una vez expresadas todas las componentes en términos de incertidumbre estándar, se calculó la incertidumbre estándar combinada aplicando la ley de propagación de la incertidumbre, como la raíz cuadrada de la suma de las varianzas de las componentes individuales, ponderadas mediante los coeficientes de sensibilidad correspondientes al modelo de cálculo de GS SSD y absorción.

Finalmente, se obtuvo la incertidumbre expandida U para cada parámetro multiplicando la incertidumbre combinada por un factor de cobertura $k = 2$, asumiendo una distribución aproximadamente normal de los resultados y un nivel de confianza cercano al 95 %. Estos valores de incertidumbre expandida se emplearon para definir los escenarios $M-U$ y $M+U$ (restando y sumando U a los valores nominales de GS SSD y absorción en el diseño de mezcla), mientras que los valores numéricos de U se presentan en la sección de Resultados.

2.5. Análisis estadístico

El análisis de los resultados de resistencia a la compresión a 28 días se realizó mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor, considerando como factor fijo el tipo de mezcla (M_0 , $M-U$, $M+U$) y como respuesta la resistencia promedio de los cilindros de cada escenario. Se adoptó un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (95 % de confianza).

Previo a la interpretación del ANOVA, se verificaron los supuestos de normalidad de los residuos y homogeneidad de varianzas empleando las herramientas de diagnóstico disponibles en el software Minitab, tales como gráficos de probabilidad normal y pruebas de significancia asociadas. En caso de detectarse diferencias estadísticamente significativas en el ANOVA global, se aplicó la prueba de Tukey para comparaciones múltiples entre pares de mezclas, con el fin de identificar específicamente qué escenarios de dosificación difieren entre sí en términos de resistencia a la compresión.

Este enfoque estadístico es consistente con prácticas comunes en ensayos de concreto para estudios comparativos intralaboratorio, particularmente cuando se trabaja con tamaños muestrales moderados y diseños de tipo estudio de caso, donde el objetivo es contrastar escenarios bajo condiciones controladas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización de materiales

La caracterización de los agregados permitió obtener las propiedades necesarias para el diseño de la mezcla de concreto de 210 kg/cm². En la tabla 1 se resumen los resultados de los ensayos realizados, siguiendo las normas ASTM correspondientes.

Tabla 1. Propiedades físicas de los agregados fino y grueso.

Propiedad	Agregado fino	Agregado grueso	Norma de ensayo
Contenido de humedad (%)	1.2	0.4	ASTM C566
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1590	1410	ASTM C29
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1740	1550	ASTM C29
Módulo de fineza	3.56	6.85	ASTM C136
GS SSD	2.61	2.83	ASTM C127/128
Absorción (%)	2.1	0.7	ASTM C127/128

En general, el agregado fino presentó mayor absorción que el agregado grueso, consistente con una mayor porosidad efectiva asociada a partículas de menor tamaño. El módulo de fineza del agregado fino (3.56) se ubica ligeramente por encima de valores típicos de arena “media”, lo cual sugiere mayor presencia relativa de fracciones más gruesas dentro del rango permitido para arenas; esto es coherente con una granulometría continua. Los valores de peso unitario y humedad natural se mantuvieron dentro de rangos esperables para materiales acondicionados y ensayados en laboratorio bajo condiciones controladas.

3.2 Evaluación de la incertidumbre en propiedades críticas

Con la finalidad de cuantificar el impacto de la variabilidad metrológica sobre el diseño de mezcla, se evaluó la incertidumbre expandida ($k=2$) asociada a los valores de GS SSD y absorción de los agregados, siguiendo la directriz INACAL DA-ACR-09D y la metodología de la GUM. En la tabla 2 se presentan los valores propagados bajo tres escenarios: escenario reducido [U (-)], valor nominal (Patrón) y escenario aumentado [U (+)]. Las incertidumbres expandidas fueron de:

- Gravedad específica SSD del agregado fino: ± 0.017
- Gravedad específica SSD del agregado grueso: ± 0.014

- Absorción del agregado fino (%): ± 0.18
- Absorción del agregado grueso (%): ± 0.23

A partir de estas incertidumbres se definieron tres valores por parámetro: escenario reducido $U(-)$, valor nominal y escenario aumentado $U(+)$. La Tabla 2 presenta los valores numéricos considerados en cada caso.

Tabla 2. Valores nominales e incertidumbre expandida ($k = 2$) de GS SSD y absorción.

PROPIEDAD	RESULTADOS		
	U (-) Escenario reducido	Valor nominal (Patrón)	U (+) Escenario aumentado
GS SSD A.G.	2.816	2.830	2.844
Absorción A.G. %	0.47	0.70	0.93
GS SSD A.F.	2.593	2.610	2.627
Absorción A.F. %	1.92	2.10	2.28

Estas diferencias, aunque de magnitud reducida en términos absolutos, adquieren relevancia al ser incorporadas en el diseño volumétrico de mezclas, pues afectan directamente la relación agua/cemento y el cálculo del volumen absoluto de los componentes. Se utilizan posteriormente para definir tres escenarios de diseño de mezcla y analizar su efecto en las proporciones de dosificación y en la resistencia a la compresión a 28 días.

3.3 Proporciones de mezcla por volumen en los tres escenarios

A partir de los valores nominales y de los escenarios $U(-)$ y $U(+)$ de GS SSD y absorción, se obtuvieron tres diseños de mezcla por el método de volúmenes absolutos. En todos los casos se mantuvo constante el volumen relativo de cemento y agregado grueso, mientras que las variaciones en GS SSD y absorción se reflejaron principalmente en los volúmenes requeridos de agregado fino y de agua.

La Tabla 3 resume las proporciones resultantes en términos de volumen relativo de cada componente.

Tabla 3. Proporciones de mezcla por volumen para los tres escenarios de dosificación

Escenario	Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
U(-) – parámetros reducidos	1	2.38	1.81	0.55
Nominal – valores patrón	1	2.4	1.81	0.56
U(+) – parámetros aumentados	1	2.42	1.81	0.57

Las diferencias entre escenarios son de pequeña magnitud en términos volumétricos: el agregado fino varía aproximadamente ± 0.02 unidades respecto al diseño nominal (≈ 0.8 %), mientras que el agua varía ± 0.01 unidades (≈ 1.8 %). Estos ajustes, derivados únicamente de la incertidumbre de GS SSD y absorción, se utilizan a continuación para evaluar su efecto en la resistencia a la compresión a 28 días.

3.4 Resistencia a la compresión a 28 días

La Tabla 4 presenta los resultados de resistencia a la compresión para los tres escenarios definidos a partir de la propagación de la incertidumbre de GS SSD y absorción: U(-), nominal y U(+). Se muestran los valores individuales de los tres cilindros ensayados en cada mezcla, así como la media, la desviación estándar (SD) y el coeficiente de variación (CV).

Tabla 4. Resultados de resistencia a la compresión (kg/cm²)

ESCENARIO	U (-) Escenario reducido	Valor nominal (Patrón)	U (+) Escenario aumentado
Espécimen 1	237.3	228.0	202.3
Espécimen 2	240.8	223.1	193.2
Espécimen 3	236.9	215.2	192.6
Media (kg/cm²)	238.33	222.10	196.03
SD (kg/cm²)	2.15	6.46	5.44
CV (%)	0.90	2.91	2.77

Los resultados muestran una disminución progresiva de la resistencia media al pasar del escenario U(-) al nominal y al escenario U(+). La diferencia absoluta entre los valores medios extremos (U(-) y U(+)) es del orden de 42 kg/cm², equivalente a aproximadamente un 20 % de la resistencia objetivo de 210 kg/cm².

Los coeficientes de variación se mantienen por debajo del 3 %, con el menor valor en el escenario U(-) (0.90 %) y valores ligeramente mayores en los escenarios nominal y U(+), lo que indica una dispersión relativamente baja dentro de cada grupo de tres especímenes. Estos resultados se utilizan en el apartado siguiente para el análisis estadístico mediante ANOVA y prueba de Tukey.

3.5 Análisis Estadístico

Previo al análisis de varianza, se verificaron los supuestos estadísticos sobre los tres conjuntos de datos (U(-), nominal y U(+)). La prueba de normalidad de Ryan-Joiner no mostró desviaciones significativas respecto a la distribución normal ($p > 0.05$ en todos los casos) y la prueba de Levene indicó homogeneidad de varianzas ($p = 0.658$). Por ello se consideró apropiado aplicar pruebas paramétricas con varianzas iguales.

El ANOVA de un factor, con nivel de significancia $\alpha=0.05$, mostró diferencias altamente significativas entre los tres escenarios de mezcla ($F = 54.03$; $p < 0.001$). El coeficiente de determinación ajustado ($R^2=92.99\%$) indica que una proporción elevada de la variabilidad

observada en la resistencia a la compresión se asocia al factor “escenario de dosificación”. La Tabla 5 resume los resultados del ANOVA.

Tabla 5. Resumen del análisis de varianza para la resistencia a la compresión.

Fuente	gl	SC ajust.	CM ajust.	F	p
Escenario de mezcla	2	2732.3	1366.1	54.03	0
Error	6	151.7	25.29	—	—
Total	8	2884	—	—	—

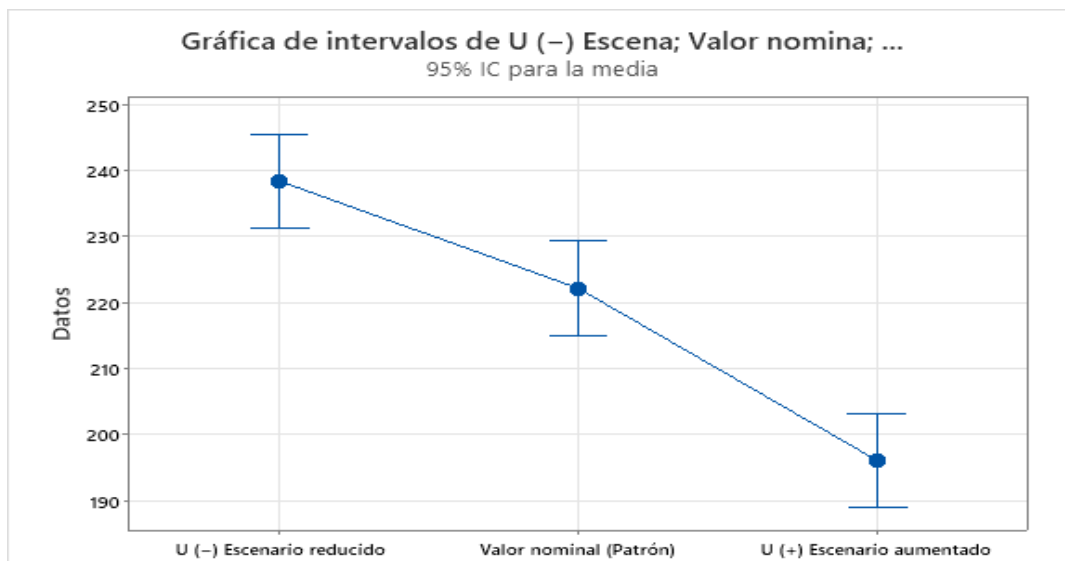
El análisis de comparaciones múltiples mediante la prueba de Tukey (95 % de confianza) indicó que las tres medias de resistencia difieren significativamente entre sí. El escenario U(–) presentó la mayor resistencia media (238.33 kg/cm²), el escenario nominal un valor intermedio (222.10 kg/cm²) y el escenario U(+) la menor resistencia (196.03 kg/cm²), formando tres grupos estadísticamente distintos (A, B y C, respectivamente). Estos resultados se sintetizan en la Tabla 6.

Tabla 6. Medias de resistencia a la compresión y agrupación según prueba de Tukey (95 %).

Escenario	N	Media (kg/cm²)	SD (kg/cm²)	IC 95 % para la media	Agrupación
U(–) – parámetros reducidos	3	238.33	2.15	(231.23; 245.44)	A
Nominal – valores patrón	3	222.1	6.46	(215.00; 229.20)	B
U(+) – parámetros aumentados	3	196.03	5.44	(188.93; 203.14)	C

La Figura 1 presenta la gráfica de intervalos de confianza al 95 % para la media de cada escenario, donde se observa la disminución monotónica de la resistencia promedio desde U(–) hasta U(+), así como la separación entre los intervalos, consistente con los resultados del ANOVA y de la prueba de Tukey.

Figura 1. Comparación de la resistencia a compresión con intervalos de confianza al 95%



3.6 Discusión de resultados

En este estudio, el término “impacto de la incertidumbre de la gravedad específica” se aborda operativamente como el efecto de la incertidumbre de medición asociada a la determinación de la gravedad específica en condición SSD (GS SSD) —y del parámetro complementario de absorción, por su interacción directa en el ajuste de agua efectiva— sobre el diseño por volúmenes absolutos y, en consecuencia, sobre la resistencia a compresión a 28 días. Esta delimitación es consistente con el enfoque metroológico, donde la incertidumbre es un atributo del resultado de medición y de la información utilizada, no una propiedad intrínseca del agregado (JCGM, 2008; Eurachem/CITAC, 2012).

Los resultados obtenidos muestran que la incertidumbre de medición asociada a la gravedad específica SSD y a la absorción de los agregados, aun siendo pequeña en términos absolutos, se traduce en modificaciones apreciables en el diseño de mezcla y en la resistencia a la compresión a 28 días. Las mezclas definidas a partir de los tres escenarios (U(-), nominal y U(+)) difieren sólo levemente en el volumen relativo de agregado fino y de agua (del orden de 0.8–1.8 % respecto al diseño base), pero generan una variación de aproximadamente 42 kg/cm² entre las resistencias medias extremas, lo que equivale a cerca del 20 % de la resistencia objetivo de 210 kg/cm². Esta magnitud es coherente con modelos de regresión publicados que indican cambios en torno a 1.5 MPa por cada 0.01 de variación en la relación agua/cemento; es decir, desviaciones acumuladas de sólo 0.03 en a/c pueden producir caídas del orden de 4.5 MPa ($\approx$ 45 kg/cm²), comparables a las observadas en este estudio (Brown et al., 2019; Gavela et al., 2019).

Desde el punto de vista del desempeño del laboratorio, los coeficientes de variación internos obtenidos para cada escenario ($CV < 3\%$) se ubican dentro del rango considerado “excelente” para condiciones de laboratorio de acuerdo con los criterios de control de calidad basados en ACI 214 (Brown et al., 2019). La literatura reporta CoV típicos entre 4 y 11 % en plantas de concreto y hasta 13–18 % en estudios interlaboratorio o en presencia de cambios de materiales (Aichouni et al., 2017; Gavela et al., 2019; Mahjoubi et al., 2025). En ese contexto, una caída de aproximadamente 20 % entre escenarios es

poco probable que se explique únicamente por la variación aleatoria del ensayo de compresión, dado que la dispersión intragrupo observada en cada escenario es baja ($CV < 3 \%$) bajo condiciones controladas. En cambio, la tendencia monotónica $U(-) \rightarrow$ nominal $\rightarrow U(+)$ y la separación estadística entre medias sugieren un efecto sistemático compatible con la propagación de la incertidumbre de GS SSD y absorción hacia el diseño de mezcla (Gavela et al., 2019; Mahjoubi et al., 2025).

En lo relativo a la magnitud de las incertidumbres de GS SSD y absorción, los valores estimados en este trabajo ($U = \pm 0.017$ y ± 0.014 para GS SSD de agregado fino y grueso, y $U \approx \pm 0.18$ – 0.23% para absorción) son consistentes con lo reportado para laboratorios que trabajan bajo criterios de acreditación. Estudios intralaboratorio en gravedad específica de sólidos informan incertidumbres expandidas del orden de $\pm 0.01 \text{ g/cm}^3$, con criterios de precisión normativa en torno a 0.02 unidades (Núñez, 2023). De forma análoga, para humedad y absorción se han documentado incertidumbres que van desde $\pm 0.10 \%$ hasta valores superiores a $\pm 0.70 \%$ cuando se consideran todas las fuentes de variabilidad (Valeriano, 2015, citado en Núñez, 2023). En comparación, las cifras obtenidas en este estudio se sitúan dentro de los rangos aceptables para un laboratorio comercial, capturando de manera realista la dificultad operativa de determinar la condición SSD sin indicar falta de control metrológico.

Es importante aclarar el alcance del trabajo frente a la normativa. Bajo el marco de ISO/IEC 17025, la GUM y las directrices de INACAL (DA-ACR-09D, DA-ACR-06D), la estimación de la incertidumbre de medición es un requisito para demostrar competencia técnica y apoyar reglas de decisión, pero no constituye un juicio de cumplimiento o incumplimiento del laboratorio ni de la norma aplicada. La incertidumbre cuantifica la “duda razonable” asociada a un resultado, no un error o una no conformidad en sí misma (JCGM 100:2008; INACAL, 2015). En este sentido, el estudio se plantea como una evaluación de desempeño local y como una herramienta interna de aseguramiento de la calidad: muestra cómo las incertidumbres de GS SSD y absorción, estimadas según la GUM y la directriz DA-ACR-09D, se propagan a través del método ACI 211.1 y afectan la resistencia de un concreto de 210 kg/cm^2 , sin pretender auditar o demostrar el incumplimiento del laboratorio ni cuestionar la validez de la norma.

En cuanto al diseño experimental, el uso de tres cilindros por escenario se alinea con la práctica habitual en ensayos de concreto, donde el promedio de tres especímenes se adopta como resultado representativo de un lote. Estudios de presupuesto de incertidumbre muestran que incrementar el número de especímenes más allá de $n = 3$ produce mejoras decrecientes en la reducción de la incertidumbre de la media (Gavela et al., 2019), y normas de precisión en ensayos de suelos utilizan también triplicados como base para establecer criterios de aceptación (ASTM D854, citado en Núñez, 2023). No obstante, la literatura advierte que tamaños muestrales pequeños limitan la potencia estadística y la capacidad de generalización de los hallazgos (Brown et al., 2019; Kouddane et al., 2023). Por ello, los resultados del presente trabajo deben interpretarse explícitamente como un estudio de caso exploratorio que caracteriza el comportamiento de materiales y procedimientos específicos de un laboratorio latinoamericano, sin extrapolarlos de forma prescriptiva a otras fuentes de agregados o a contextos interlaboratorio.

Finalmente, los hallazgos tienen implicancias prácticas para el diseño y el control de calidad. La cuantificación de la incertidumbre en GS SSD y absorción permite estimar

qué variación en la relación agua/cemento puede atribuirse a la caracterización de los agregados y qué parte corresponde a la variabilidad propia del ensayo de compresión. Esta información puede utilizarse para ajustar de manera más racional los márgenes de sobrediseño de resistencia (f'_{cr}) y para definir bandas de guarda en la evaluación de conformidad, evitando tanto el sobredimensionamiento innecesario como el riesgo de aceptar concretos con desempeño insuficiente (Mahjoubi et al., 2025; Gavela et al., 2019; Brown et al., 2019). Como línea de trabajo futuro, sería deseable ampliar el número de réplicas y escenarios de mezcla, incorporar otras variables relevantes (como diferentes fuentes de agregados, tipos de cemento o condiciones de curado) y extender el análisis a comparaciones interlaboratorio, de manera que el enfoque propuesto evolucione desde un estudio de caso hacia modelos más generales de gestión de la incertidumbre en el diseño de mezclas.

4. CONCLUSIONES

En este manuscrito, el término ‘incertidumbre de la gravedad específica’ se refiere operacionalmente a la incertidumbre de medición en la determinación de GS SSD (y absorción) y su propagación al diseño de mezcla.

- El estudio muestra que la incertidumbre asociada a la determinación de la gravedad específica en condición SSD y la absorción de los agregados finos y gruesos, aunque pequeña en términos numéricos (del orden de ± 0.014 – 0.017 en GS SSD y ± 0.18 – 0.23 % en absorción), se traduce en ajustes medibles en el diseño volumétrico de la mezcla obtenida por ACI 211.1. Estos márgenes generan variaciones cercanas al 1 % en el volumen relativo de agregado fino y alrededor del 2 % en el contenido de agua. Esto indica que, en mezclas convencionales, la “duda metrológica” de los agregados no es despreciable y debe considerarse como parte del diseño, y no sólo en la etapa de control de materiales.
- Al propagar estos márgenes en tres escenarios de dosificación (M0, M–U y M+U), la resistencia media a 28 días del concreto de 210 kg/cm² se redujo desde 238.3 kg/cm² en el escenario con parámetros disminuidos hasta 196.0 kg/cm² en el escenario con parámetros aumentados, es decir, una diferencia de aproximadamente 42 kg/cm², cercana al 20 % de la resistencia objetivo. El ANOVA de un factor y la prueba de Tukey confirmaron diferencias altamente significativas entre los tres escenarios ($p < 0.001$), con coeficientes de variación internos menores al 3 %. En las condiciones de este laboratorio, el efecto sistemático de la propagación de la incertidumbre de los agregados sobre f'_c es claramente distinguible del “ruido” propio del ensayo de compresión y puede alcanzar magnitudes comparables a las reportadas para la variabilidad del ensayo en la literatura internacional.
- Los valores obtenidos para los márgenes de GS SSD y absorción se sitúan dentro de los rangos esperados para laboratorios que trabajan bajo lineamientos de la GUM, ISO/IEC 17025 e INACAL, lo que sugiere que los resultados reflejan un desempeño metrológico realista y no un escenario extremo. En este sentido, el trabajo aporta un marco operativo que conecta tres niveles que habitualmente se estudian por separado: (i) la estimación de la incertidumbre en la caracterización de agregados, (ii) su propagación explícita en el algoritmo de diseño de mezcla por volúmenes absolutos y (iii) la verificación experimental del impacto en la resistencia a compresión de un concreto de uso convencional. El estudio debe entenderse como una evaluación de desempeño local en

condiciones controladas, no como una auditoría del cumplimiento normativo ni como un modelo universal extrapolable sin validación adicional.

- A partir de estos hallazgos, se recomienda que los laboratorios que diseñan y controlan mezclas de concreto incorporen en sus procedimientos internos la estimación y documentación de los márgenes asociados a GS SSD y absorción de los agregados y, cuando sea posible, los consignent explícitamente en los informes de ensayo y de diseño de mezcla. Esta información puede utilizarse para ajustar de manera más racional los márgenes de sobrediseño de resistencia (f'_{cr}) y las reglas de decisión en la aceptación de lotes de concreto, diferenciando la variabilidad debida a la caracterización de materiales de la atribuible al ensayo de compresión. Asimismo, se sugiere avanzar progresivamente hacia la inclusión de otras fuentes relevantes (por ejemplo, contenido de humedad, variación de curado o tipo de cemento) dentro del presupuesto global de incertidumbre del diseño de mezcla.
- Finalmente, se reconoce que el uso de tres cilindros por escenario y de un único tipo de concreto limita la potencia estadística y el alcance de las inferencias. Como línea de investigación futura, se propone ampliar el tamaño muestral y el número de escenarios de mezcla, incorporar diferentes fuentes de agregados y tipos de cemento, y extender el análisis a comparaciones interlaboratorio. Ello permitiría evolucionar desde el estudio de caso presentado hacia modelos más generales para la gestión de la incertidumbre en el diseño y control de mezclas de concreto.

Acknowledgements - Agradecimientos

Gracias a Dios por permitirnos desarrollar este artículo y a nuestras familias que siempre nos apoyan.

Declaración de contribución de autoría

Daniel Lozano Rojas: Conceptualización, Investigación, Metodología, Curación de datos, Análisis formal (estadístico), Visualización, Redacción – borrador original.

Franklin Enciso Ríos: Administración del proyecto, Adquisición de fondos, Recursos, Software, Supervisión, Validación, Redacción – revisión y edición.

REFERENCES

- Aichouni, M., Ait Messaoudene, N., Touahmia, M., & Al-Ghonamy, A. (2017). Statistical analysis of concrete strength variability for quality assessment: Case study of a Saudi construction project. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 4(7), 101–109. <https://doi.org/10.21833/ijaas.2017.07.015>
- Brown, J. L., Howard, I. L., & Varner, R. (2019). Concrete compressive strength variation due to cement source change. *Proceedings of Institution of Civil Engineers: Construction Materials*, 175(5), 213–232. <https://doi.org/10.1680/jcoma.18.00067>

- Gavela, S., Karydis, G., Papadakos, G., Zois, G., & Sotiropoulou, A. (2023). Uncertainty of concrete compressive strength determination by a combination of Rebound Number, UPV and uniaxial compressive tests on cubical concrete samples. *Materials Today: Proceedings*, 93, 641–645. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.510>
- Gavela, S., Nikoloutsopoulos, N., Papadakos, G., Passa, D., & Sotiropoulou, A. (2019). Experimental uncertainty budget for concrete compressive strength test based on a multifactorial analysis. *Frattura Ed Integrità Strutturale*, 13(50), 383–394. <https://doi.org/10.3221/IGF-ESIS.50.32>
- ACI. (2022). *ACI 211.1R-22: Guide for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*. American Concrete Institute.
- JCGM. (2008). *Evaluación de datos de medición: Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida*.
- Kouddane, B., Sbartaï, Z. M., Elachachi, S. M., & Lamdouar, N. (2023). New multi-objective optimization to evaluate the compressive strength and variability of concrete by combining non-destructive techniques. In *Journal of Building Engineering* (Vol. 77). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107526>
- Mahjoubi, S., Azarijafari, H., Kirchain, R., & Olivetti, E. (2025). *Impact of compressive strength test variability on concrete embodied emissions*. <https://www.nrmca.org/wp-content/uploads/2022/07/>
- Núñez, V. (2023). *Estimación de la incertidumbre de medida en métodos de prueba estándar de mecánica de suelos, para el aseguramiento de la calidad de los resultados en el laboratorio de la empresa VICAF SAC de Cajamarca - Cajamarca*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Talaat, A., Emad, A., Tarek, A., Masbouba, M., Essam, A., & Kohail, M. (2021). Factors affecting the results of concrete compression testing: A review. In *Ain Shams Engineering Journal* (Vol. 12, Issue 1, pp. 205–221). Ain Shams University. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.07.015>
- Valeriano, Y., & Alayza, A. (2015). Incertidumbre en Ensayos Estándar de Mecánica de Suelos para la Confiabilidad en los Laboratorios Geotécnicos. *Revista Científica Ingetecno*, 4.

ANEXO 1. REGISTRO FOTOGRÁFICO Y CARACTERIZACIÓN

Las imágenes del presente anexo corresponden al registro fotográfico e informe de la etapa experimental y se presentan agrupadas según las fases del proceso metodológico, incluyendo la preparación de agregados, su caracterización física y el uso de equipos de laboratorio.

Preparación y Acondicionamiento de Agregados

Preparación y acondicionamiento del agregado grueso mediante procesos de homogeneización y manipulación manual, con el fin de garantizar la uniformidad y representatividad de la muestra antes de la ejecución de los ensayos de caracterización.



Caracterización Física de Agregados

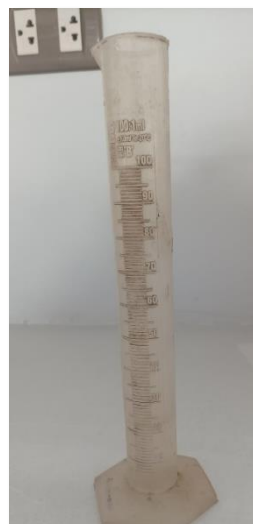
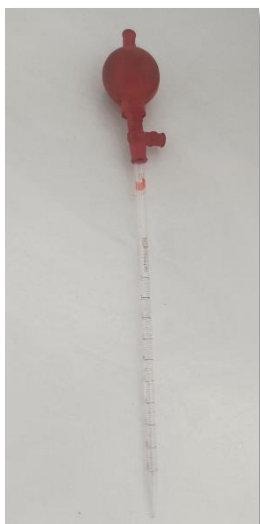
Procedimientos de laboratorio para la caracterización física de los agregados, incluyendo ensayos de granulometría, determinación de contenido de humedad, gravedad específica en condición SSD y absorción, realizados conforme a normas ASTM bajo condiciones controladas.





Equipos e Instrumentos de Laboratorio

Instrumentos y equipos de laboratorio utilizados en la etapa experimental, tales como pipeta con propipeta, matraz aforado, probeta graduada y cono de Abrams con pisón, empleados en la medición volumétrica y control de propiedades del concreto fresco, contribuyendo a la trazabilidad y confiabilidad de los resultados.



 SERVILAB - EP ING CIVIL	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE SERVICIO
	Gravedad específica y absorción en agregados finos		0017-2025-SLIC.01
			FORMATO/VERSIÓN
			F-LCEM-09 / Ver.00
		PÁGINA	
		1/1	

NOMBRE DEL PROYECTO	Tesis: "Impacto de la incertidumbre de la gravedad específica de agregados en la resistencia a compresión de concretos de 210 kg/cm² "		
UBICACIÓN	Lima	FECHA DE RECEPCIÓN :	2025-07-21
CLIENTE	Daniel Eliseo Lozano Rojas Franklin Wilder Enciso Ríos	FECHA DE INFORME :	2025-08-06

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación	Agregado Fino		
Muestra	-	PROFUNDIDAD	-

RESULTADOS DEL ENSAYO

AGREGADO FINO		
Masa de la muestra - superficie saturada (S)	g	500.0
Masa de fiola lleno con agua (B)	g	696.2
Masa de fiola + muestra lleno con agua (C)	g	1004.9
Masa del material seco (A)	g	489.6
Masa del material seco constante (A)	g	489.6
Densidad Relativa (gravedad especifica)(OD)		2.56
Densidad Relativa (gravedad especifica)(SSD)		2.61
Densidad Relativa Aparente (gravedad especifica)		2.71
Porcentaje de absorción	(%)	2.1

Fecha de ensayo: 2025-07-24
Procedimiento utilizado Gravimétrico

Observaciones : _____

Norma	ASTM C128-22	Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate
Telf.: 923 729 400 correo: servilab.civil@upeu.edu.pe Ubicación:Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Chosica UPeU - Área de Ingeniería		

REALIZADO POR		AUTORIZADO POR	
FIRMA:		FIRMA:	
Nombre :	José Paredes Arce	Nombre :	Ing. Luis Eduardo Suarez Muedas
Cargo :	Asistente de Laboratorio	Cargo :	Jefe de Laboratorio

INFORME DE DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

Actualización: Agosto

Fecha de emisión: 2025-08-06

I.- DEFINICIÓN DEL MESURANDO

Norma: ASTM C128
Título de Norma: Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate
Método: Gravimétrico
Producto: Agregado fino

1.1.- Código de muestra: 0017-2025-SLIC.01

1.2.- Datos de ensayo:

A	489.6
B	696.2
C	1004.9
S	500.0

Gravedad específica OD (g/cm ³)	2.56	±	0.021
Gravedad específica SSD (g/cm ³)	2.61	±	0.017
Densidad Relativa Aparente (g/cm ³)	2.71	±	0.017
Absorción (%)	2.1	±	0.18

La Incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (u) por el Factor de Cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un Nivel de Confianza de aproximadamente 95%.

II.- MODELO MATEMÁTICO

$$\text{Gravedad Específica (OD)} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

$$\text{Gravedad Específica (SSD)} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

$$\text{Densidad relativa aparente} = \frac{A}{(B + A - C)}$$

$$\text{Absorción, \%} = \left[\frac{(S - A)}{A} \right] \times 100$$

Donde:

- A:** Masa del espécimen seco del horno, g
- B:** Masa de picnómetro lleno de agua, hasta la marca de calibración, g
- C:** Masa de picnómetro lleno de muestra y agua hasta la marca de calibración, g
- S:** Masa de la muestra saturada de superficie seca (utilizada en el procedimiento gravimétrico para densidad y densidad relativa (gravedad específica), o para absorción con ambos procedimientos), g

Los resultados solo están relacionados con el ítem ensayado. Los resultados de las incertidumbres no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de Calidad de Servilab. Prohibido la reproducción Total o Parcial, excepto con autorización previa y por escrito de Servilab - Laboratorio de la E.P de Ingeniería Civil - UPeU.

 SERVILAB - EP ING CIVIL	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE SERVICIO
	Gravedad específica y absorción en agregados finos		0017-2025-SLIC.01
			FORMATO/VERSIÓN
			F-LCEM-09 / Ver.00
		PÁGINA	
		1/1	

NOMBRE DEL PROYECTO	Tesis: "Impacto de la incertidumbre de la gravedad específica de agregados en la resistencia a compresión de concretos de 210 kg/cm² "		
UBICACIÓN	Lima	FECHA DE RECEPCIÓN :	2025-07-21
CLIENTE	Daniel Eliseo Lozano Rojas Franklin Wilder Enciso Ríos	FECHA DE INFORME :	2025-08-06

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación	Agregado Fino		
Muestra	-	PROFUNDIDAD	-

RESULTADOS DEL ENSAYO

AGREGADO FINO		
Masa de la muestra - superficie saturada (S)	g	500.0
Masa de fiola lleno con agua (B)	g	696.2
Masa de fiola + muestra lleno con agua (C)	g	1004.9
Masa del material seco (A)	g	489.6
Masa del material seco constante (A)	g	489.6
Densidad Relativa (gravedad específica)(OD)		2.56
Densidad Relativa (gravedad específica)(SSD)		2.61
Densidad Relativa Aparente (gravedad específica)		2.71
Porcentaje de absorción	(%)	2.1

Fecha de ensayo: 2025-07-24
Procedimiento utilizado Gravimétrico

Observaciones : _____

Norma	ASTM C128-22	Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate
Telf.: 923 729 400 correo: servilab.civil@upeu.edu.pe Ubicación:Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Chosica UPeU - Área de Ingeniería		

REALIZADO POR		AUTORIZADO POR	
FIRMA:		FIRMA:	
Nombre :	José Paredes Arce	Nombre :	Ing. Luis Eduardo Suarez Muedas
Cargo :	Asistente de Laboratorio	Cargo :	Jefe de Laboratorio

INFORME DE DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

Actualización: Agosto

Fecha de emisión: 2025-08-06

I.- DEFINICIÓN DEL MESURANDO

Norma: ASTM C128
Título de Norma: Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate
Método: Gravimétrico
Producto: Agregado fino

1.1.- Código de muestra: 0017-2025-SLIC.01

1.2.- Datos de ensayo:

A	489.6
B	696.2
C	1004.9
S	500.0

Gravedad específica OD (g/cm ³)	2.56	±	0.021
Gravedad específica SSD (g/cm ³)	2.61	±	0.017
Densidad Relativa Aparente (g/cm ³)	2.71	±	0.017
Absorción (%)	2.1	±	0.18

La Incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (u) por el Factor de Cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un Nivel de Confianza de aproximadamente 95%.

II.- MODELO MATEMÁTICO

$$\text{Gravedad Específica (OD)} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

$$\text{Gravedad Específica (SSD)} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

$$\text{Densidad relativa aparente} = \frac{A}{(B + A - C)}$$

$$\text{Absorción, \%} = \left[\frac{(S - A)}{A} \right] \times 100$$

Donde:

- A:** Masa del espécimen seco del horno, g
- B:** Masa de picnómetro lleno de agua, hasta la marca de calibración, g
- C:** Masa de picnómetro lleno de muestra y agua hasta la marca de calibración, g
- S:** Masa de la muestra saturada de superficie seca (utilizada en el procedimiento gravimétrico para densidad y densidad relativa (gravedad específica), o para absorción con ambos procedimientos), g

Los resultados solo están relacionados con el ítem ensayado. Los resultados de las incertidumbres no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de Calidad de Servilab. Prohibido la reproducción Total o Parcial, excepto con autorización previa y por escrito de Servilab - Laboratorio de la E.P de Ingeniería Civil - UPeU.

$$\text{Gravedad Especifica (OD)} = \frac{A}{(B + S - C)} \quad \text{Gravedad Especifica (SSD)} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

$$\text{Densidad relativa aparente} = \frac{A}{(B + A - C)}$$

$$Absorción, \% = \left[\frac{(S - A)}{A} \right] \times 100$$



- 28

INFORME DE DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

V.- CALIBRACIÓN DE LAS FIOLAS SEGÚN ESPECIFICA LA NORMA ASTM D854-14

N° de Fiola (500ml)	A
---------------------	----------

$$^B\rho_w = 1.00034038 - (7.77 \times 10^{-6}) \times T - (4.95 \times 10^{-6}) \times T^2$$

N° veces	Masa del picnómetro g.	Masa del picnómetro + agua g.	Densidad del agua g/mL.	T°C	Volumen del picnómetro mL.
1	169.4	667.4	0.99754	23.0	499.23
2	169.4	667.4	0.99754	23.0	499.23
3	169.4	667.4	0.99754	23.0	499.23
4	169.4	667.4	0.99754	23.0	499.23
5	169.4	667.4	0.99754	23.0	499.23
Promedio	169.4	667.4	-	-	499.23
Desv. Estd.	0.000	0.000	-	-	0.000
Resultado	OK	-	-	-	OK
Max Desv. Estd.	0.02		Max Desv. Estd.		0.05

N° de Fiola (500ml)	B
---------------------	----------

$$^B\rho_w = 1.00034038 - (7.77 \times 10^{-6}) \times T - (4.95 \times 10^{-6}) \times T^2$$

N° veces	Masa del picnómetro g.	Masa del picnómetro + agua g.	Densidad del agua g/mL.	T°C	Volumen del picnómetro mL.
1	191.1	689.1	0.99754	23.0	499.23
2	191.1	689.1	0.99754	23.0	499.23
3	191.1	689.1	0.99754	23.0	499.23
4	191.1	689.1	0.99754	23.0	499.23
5	191.1	689.1	0.99754	23.0	499.23
Promedio	191.1	689.1	-	-	499.23
Desv. Estd.	0.000	0.000	-	-	0.000
Resultado	OK	-	-	-	OK
Max Desv. Estd.	0.02		Max Desv. Estd.		0.05

N° de Fiola (500ml)	C
---------------------	---

$$^B\rho_w = 1.00034038 - (7.77 \times 10^{-6}) \times T - (4.95 \times 10^{-6}) \times T^2$$

N° veces	Masa del picnómetro g.	Masa del picnómetro + agua g.	Densidad del agua g/mL.	T°C	Volumen del picnómetro mL.
1	169.9	667.9	0.99754	23.0	499.23
2	169.9	667.9	0.99754	23.0	499.23
3	169.9	667.9	0.99754	23.0	499.23
4	169.9	667.9	0.99754	23.0	499.23
5	169.9	667.9	0.99754	23.0	499.23
Promedio	169.9	667.9	-	-	499.23
Desv. Estd.	0.000	0.000	-	-	0.000
Resultado	OK	-	-	-	OK
Max Desv. Estd.	0.02		Max Desv. Estd.		0.05

N° de Fiola (500ml)	I
---------------------	---

$$^B\rho_w = 1.00034038 - (7.77 \times 10^{-6}) \times T - (4.95 \times 10^{-6}) \times T^2$$

N° veces	Masa del picnómetro g.	Masa del picnómetro + agua g.	Densidad del agua g/mL.	T°C	Volumen del picnómetro mL.
1	170.4	668.4	0.99754	23.0	499.23
2	170.4	668.5	0.99754	23.0	499.33
3	170.4	668.5	0.99754	23.0	499.33
4	170.4	668.5	0.99754	23.0	499.33
5	170.4	668.5	0.99754	23.0	499.33
Promedio	170.4	668.5	-	-	499.31
Desv. Estd.	0.000	0.045	-	-	0.045
Resultado	OK	-	-	-	OK
Max Desv. Estd.	0.02		Max Desv. Estd.		0.05

LABGEO-F-146 Ver. 01

N° de Fiola (500ml)	H
---------------------	---

$$^B\rho_w = 1.00034038 - (7.77 \times 10^{-6}) \times T - (4.95 \times 10^{-6}) \times T^2$$

N° veces	Masa del picnómetro g.	Masa del picnómetro + agua g.	Densidad del agua g/mL.	T°C	Volumen del picnómetro mL.
1	172.3	670.4	0.99754	23.0	499.33
2	172.3	670.4	0.99754	23.0	499.33
3	172.3	670.4	0.99754	23.0	499.33
4	172.3	670.4	0.99754	23.0	499.33
5	172.3	670.5	0.99754	23.0	499.43
Promedio	172.3	670.4	-	-	499.35
Desv. Estd.	0.000	0.045	-	-	0.045
Resultado	OK	-	-	-	OK
Max Desv. Estd.	0.02		Max Desv. Estd.		0.05

N° de Fiola (500ml)	X
---------------------	---

$$^B\rho_w = 1.00034038 - (7.77 \times 10^{-6}) \times T - (4.95 \times 10^{-6}) \times T^2$$

N° veces	Masa del picnómetro g.	Masa del picnómetro + agua g.	Densidad del agua g/mL.	T°C	Volumen del picnómetro mL.
1	153.2	651.3	0.99705	25.0	499.58
2	153.2	651.3	0.99705	25.0	499.58
3	153.2	651.3	0.99705	25.0	499.58
4	153.2	651.3	0.99705	25.0	499.58
5	153.2	651.3	0.99705	25.0	499.59
Promedio	153.2	651.3	-	-	499.59
Desv. Estd.	0.000	0.004	-	-	0.004
Resultado	OK	-	-	-	OK
Max Desv. Estd.	0.02		Max Desv. Estd.		0.05

N° de Fiola (500ml)	V
---------------------	---

$$^B\rho_w = 1.00034038 - (7.77 \times 10^{-6}) \times T - (4.95 \times 10^{-6}) \times T^2$$

N° veces	Masa del picnómetro g.	Masa del picnómetro + agua g.	Densidad del agua g/mL.	T°C	Volumen del picnómetro mL.
1	151.8	649.9	0.99705	25.0	499.57
2	151.8	649.9	0.99705	25.0	499.57
3	151.8	649.9	0.99705	25.0	499.57
4	151.8	649.9	0.99705	25.0	499.57
5	151.8	649.9	0.99705	25.0	499.57
Promedio	151.8	649.9	-	-	499.57
Desv. Estd.	0.000	0.000	-	-	0.000
Resultado	OK	-	-	-	OK
Max Desv. Estd.	0.02		Max Desv. Estd.		0.05

N° de Fiola (500ml)	Z	$\rho_w = 1.00034038 - (7.77 \times 10^{-6}) \times T - (4.95 \times 10^{-6}) \times T^2$
---------------------	---	---

N° veces	Masa del picnómetro g.	Masa del picnómetro + agua g.	Densidad del agua g/mL.	T°C	Volumen del picnómetro mL.
1	160.5	658.4	0.99705	25.0	499.37
2	160.5	658.4	0.99705	25.0	499.37
3	160.5	658.4	0.99705	25.0	499.37
4	160.5	658.4	0.99705	25.0	499.37
5	160.5	658.4	0.99705	25.0	499.37
Promedio	160.5	658.4	-	-	499.37
Desv. Estd.	0.000	0.000	-	-	0.000
Resultado	OK	-	-	-	OK
Max Desv. Estd.	0.02		Max Desv. Estd.		0.05

N° de Fiola (500ml)	S	$\rho_w = 1.00034038 - (7.77 \times 10^{-6}) \times T - (4.95 \times 10^{-6}) \times T^2$
---------------------	---	---

N° veces	Masa del picnómetro g.	Masa del picnómetro + agua g.	Densidad del agua g/mL.	T°C	Volumen del picnómetro mL.
1	149.6	647.7	0.99705	25.0	488.64
2	149.6	647.7	0.99705	25.0	488.64
3	149.6	647.7	0.99705	25.0	488.64
4	149.6	647.7	0.99705	25.0	488.64
5	149.6	647.7	0.99705	25.0	488.64
Promedio	149.6	647.7	-	-	488.64
Desv. Estd.	0.000	0.000	-	-	0.000
Resultado		-	-	-	OK
Max Desv. Estd.	0.02		Max Desv. Estd.		0.05

N° de Fiola (500ml)	Y
---------------------	---

$$^B\rho_w = 1.00034038 - (7.77 \times 10^{-6}) \times T - (4.95 \times 10^{-6}) \times T^2$$

N° veces	Masa del picnómetro g.	Masa del picnómetro + agua g.	Densidad del agua g/mL.	T°C	Volumen del picnómetro mL.
1	148.0	646.1	0.99705	25.0	487.04
2	148.0	646.1	0.99705	25.0	487.04
3	148.0	646.1	0.99705	25.0	487.04
4	148.0	646.1	0.99705	25.0	487.04
5	148.0	646.1	0.99705	25.0	487.04
Promedio	148.0	646.1	-	-	487.04
Desv. Estd.	0.000	0.000	-	-	0.000
Resultado	OK	-	-	-	OK
Max Desv. Estd.	0.02		Max Desv. Estd.		0.05

N° de Fiola (500ml)	J
---------------------	---

$$^B\rho_w = 1.00034038 - (7.77 \times 10^{-6}) \times T - (4.95 \times 10^{-6}) \times T^2$$

N° veces	Masa del picnómetro g.	Masa del picnómetro + agua g.	Densidad del agua g/mL.	T°C	Volumen del picnómetro mL.
----------	------------------------	-------------------------------	-------------------------	-----	----------------------------

1	153.7	651.8	0.99705	25.0	492.75
2	153.7	651.8	0.99705	25.0	492.75
3	153.7	651.8	0.99705	25.0	492.75
4	153.7	651.8	0.99705	25.0	492.75
5	153.7	651.8	0.99705	25.0	492.75
Promedio	153.7	651.8	-	-	492.75
Desv. Estd.	0.000	0.000	-	-	0.000
Resultado	OK	-	-	-	OK
Max Desv. Estd.	0.02		Max Desv. Estd.		0.05

N° de Fiola (500ml)	W
---------------------	---

$$B_{P_w} = 1.00034038 - (7.77 \times 10^{-6}) \times T - (4.95 \times 10^{-6}) \times T^2$$

N° veces	Masa del picnómetro g.	Masa del picnómetro + agua g.	Densidad del agua g/mL.	T°C	Volumen del picnómetro mL.
1	157.1	655.2	0.99705	25.0	496.16
2	157.1	655.2	0.99705	25.0	496.16
3	157.1	655.2	0.99705	25.0	496.16
4	157.1	655.2	0.99705	25.0	496.16
5	157.1	655.2	0.99705	25.0	496.16
Promedio	157.1	655.2	-	-	496.16
Desv. Estd.	0.000	0.000	-	-	0.000
Resultado	OK	-	-	-	OK
Max Desv. Estd.	0.02		Max Desv. Estd.		0.05

N° de Fiola (500ml)	Q
---------------------	---

$$B_{P_w} = 1.00034038 - (7.77 \times 10^{-6}) \times T - (4.95 \times 10^{-6}) \times T^2$$

N° veces	Masa del picnómetro g.	Masa del picnómetro + agua g.	Densidad del agua g/mL.	T°C	Volumen del picnómetro mL.
1	153.5	651.6	0.99705	25.0	492.55

2	153.5	651.6	0.99705	25.0	492.55
3	153.5	651.6	0.99705	25.0	492.55
4	153.5	651.6	0.99705	25.0	492.55
5	153.5	651.6	0.99705	25.0	492.55
Promedio	153.5	651.6	-	-	492.55
Desv. Estd.	0.000	0.000	-	-	0.000
Resultado	OK	-	-	-	OK
Max Desv. Estd.	0.02		Max Desv. Estd.		0.05

N° de Fiola (500ml)	U
---------------------	---

$${}^B\rho_w = 1.00034038 - (7.77 \times 10^{-6}) \times T - (4.95 \times 10^{-6}) \times T^2$$

N° veces	Masa del picnómetro g.	Masa del picnómetro + agua g.	Densidad del agua g/mL.	T°C	Volumen del picnómetro mL.
1	153.8	652.0	0.99705	25.0	492.95
2	153.8	652.0	0.99705	25.0	492.95
3	153.8	652.0	0.99705	25.0	492.95
4	153.8	652.0	0.99705	25.0	492.95
5	153.8	652.0	0.99705	25.0	492.95
Promedio	153.8	652.0	-	-	492.95
Desv. Estd.	0.000	0.000	-	-	0.000
Resultado	OK	-	-	-	OK
Max Desv. Estd.	0.02		Max Desv. Estd.		0.05

N° de Fiola (500ml)	R
---------------------	---

$${}^B\rho_w = 1.00034038 - (7.77 \times 10^{-6}) \times T - (4.95 \times 10^{-6}) \times T^2$$

N° veces	Masa del picnómetro g.	Masa del picnómetro + agua g.	Densidad del agua g/mL.	T°C	Volumen del picnómetro mL.
1	157.3	655.4	0.99705	25.0	496.36
2	157.3	655.4	0.99705	25.0	496.36

3	157.3	655.4	0.99705	25.0	496.36
4	157.3	655.4	0.99705	25.0	496.36
5	157.3	655.4	0.99705	25.0	496.36
Promedio	157.3	655.4	-	-	496.36
Desv. Estd.	0.000	0.000	-	-	0.000
Resultado	OK	-	-	-	OK
Max Desv. Estd.	0.02		Max Desv. Estd.		0.05

**INFORME DE DETERMINACIÓN DE LA
INCERTIDUMBRE
DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL
AGREGADO FINO**

V.- CALIBRACIÓN DE LAS FIOLAS SEGÚN ESPECIFICA LA NORMA ASTM D854-14

FIOLA	USADO	PESO	INCERTIDUMBRE PESO	FIOLA + H2O	INCERTI. FIOLA + H2O	VOLUMEN	INCERTIDUMBRE VOL.
A	NO	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.00	0.0000
B	NO	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.00	0.0000
C	NO	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.00	0.0000
I	NO	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.00	0.0000
H	NO	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.00	0.0000
X	SI	153.2	0.0000	651.3	0.0045	499.59	0.0045
V	NO	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.00	0.0000
Z	NO	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.00	0.0000
S	NO	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.00	0.0000
U	NO	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.00	0.0000
R	NO	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.00	0.0000

153.2	0.0000	651.3	0.0020	499.59	0.0045
--------------	---------------	--------------	---------------	---------------	---------------

INFORME DE DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

IV.- Repetibilidad OD

N°	Media	Muestra	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10	Desv estand	Desv estand-R
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LABORATORISTA 1	2.610	M-9	2.618	2.612	2.600	2.610	2.614	2.592	2.620	2.622	2.599	2.610	0.0098	0.0038

IV.- Repetibilidad SSD

N°	Media	Muestra	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10	Desv estand	Desv estand-R
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LABORATORISTA 1	2.662	M-9	2.669	2.665	2.662	2.655	2.670	2.648	2.672	2.661	2.652	2.665	0.0080	0.0030

IV.- Repetibilidad GS aparente

N°	Media	Muestra	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10	Desv estand	Desv estand-R
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LABORATORISTA 1	2.756	M-9	2.758	2.759	2.754	2.753	2.769	2.746	2.763	2.751	2.744	2.761	0.0077	0.0028

IV.- Repetibilidad Absorción

N°	Media	Muestra	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10	Desv estand	Desv estand-R
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LABORATORISTA 1	2.05	M-9	1.95	2.05	2.14	2.01	2.14	2.16	1.98	1.93	2.02	2.10	0.0834	0.0407

Resultados				
OD				
Desv. Proceso	0.0038	C ₄	0.9727	
Incertidumbre estandar-R	0.0039			
SSD				
Desv. Proceso	0.0030	C ₄	0.9727	
Incertidumbre estandar-R	0.0031			
APARENTE				
Desv. Proceso	0.0028	C ₄	0.9727	
Incertidumbre estandar-R	0.0029			
ABSORCIÓN				
Desv. Proceso	0.0407	C ₄	0.9727	
Incertidumbre estandar-R	0.0419			

Observations in Sample, <i>n</i>	Chart for Averages				Chart for Standard Deviations				Chart for Ranges							
	Factors for Control Limits			1/c ₄	Factors for Center Line				Factors for Center Line		Factors for Control Limits					
	A	A ₂	A ₃		c ₄	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	d ₂	1/d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.575
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.115
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541

La tabla de const-estadist. según Montgomery D. "Control Estadístico de la Calidad". Limusa Wiley (3ra Edición, 2005).

VI.- DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE ESTANDAR

a) Estimación de la incertidumbre del Sesgo

Incertidumbre del Sesgo: 0.0000

Nota: En el punto 12.2 de la norma ASTM C128-15 indica que no se puede determinar el sesgo.

b) Estimación de la incertidumbre relativa por Repetibilidad

Incertidumbre de la Repetibilidad:

OD	SSD	Aparente	Absorción
0.0039	0.0031	0.0029	0.0419

Nota: Para el proceso se consideró la tabla de const-estadist. según Montgomery D. "Control Estadístico de la Calidad". Limusa Wiley (3ra Edición, 2005).

c) Estimación de la incertidumbre por Calibración

Incertidumbre de la Calibración: 0.0020

Nota: Para la validación se consideró la norma ASTM D854-14 en el punto 8 "Calibración del picnómetro"

Nota 1: No se considera este contribuyente para la estimación de la incertidumbre de la absorción

d) Estimación de la incertidumbre de A

Valor de A 489.6 g

N°	Equipo	Codigo	Usado	U. Expandida	Incert.	N° Certificado de Calibración	Fecha de calibración	Peso máximo por escala
1	Balanza elec	LABC-54	NO	1.8044	0.0000	0545-LM-2025	2025-04-08	30kgx1g
2	Balanza elec	LABC-55	NO	1.4601	0.0000	0546-LM-2025	2025-04-08	30kgx1g
3	Balanza elec	LABC-57	SI	0.1664	0.0832	0636-LM-2025	2025-04-29	8.2kgx0.1g

Distribución de A :	Normal
Factor de Cobertura al 95% de confianza :	2.0
Incertidumbre de A	0.0832

e) Estimación de la incertidumbre de B

Valor de B 696.2 g

N°	Equipo	Codigo	Usado	U. Expandida	Incertidumbre	N° Certificado de Calibración	Fecha de calibración	Peso máximo por escala
1	Balanza elec	LABC-54	NO	1.8055	0.0000	0545-LM-2025	2025-04-08	30kgx1g
2	Balanza elec	LABC-55	NO	1.4614	0.0000	0546-LM-2025	2025-04-08	30kgx1g
3	Balanza elec	LABC-57	SI	0.1784	0.0892	0636-LM-2025	2025-04-29	8.2kgx0.1g

Distribución de B :	Normal
Factor de Cobertura al 95% de confianza :	2

Incertidumbre de B	0.0892
--------------------	--------

f) Estimación de la incertidumbre de C

Valor de C 1004.9 g

N°	Equipo	Codigo	Usado	U. Expandida	Incertidumbre	N° Certificado de Calibración	Fecha de calibración	Peso máximo por escala
1	Balanza elec	LABC-54	NO	1.8078	0.0000	0545-LM-2025	2025-04-08	30kgx1g
2	Balanza elec	LABC-55	NO	1.4643	0.0000	0546-LM-2025	2025-04-08	30kgx1g
3	Balanza elec	LABC-57	SI	0.2019	0.1010	0636-LM-2025	2025-04-29	8.2kgx0.1g

Distribución de C :	Normal
Factor de Cobertura al 95% de confianza :	2

Incertidumbre de C	0.1010
---------------------------	---------------

g) Estimación de la incertidumbre de S

Valor de S 500.0 g

N°	Equipo	Codigo	Usado	U. Expandida	Incertidumbre	N° Certificado de Calibración	Fecha de calibración	Peso máximo por escala
1	Balanza elec	LABC-54	NO	1.8044	0.0000	0545-LM-2025	2025-04-08	30kgx1g
2	Balanza elec	LABC-55	NO	1.4601	0.0000	0546-LM-2025	2025-04-08	30kgx1g
3	Balanza elec	LABC-57	SI	0.1669	0.0834	0636-LM-2025	2025-04-29	8.2kgx0.1g

Distribución de S :	Normal
Factor de Cobertura al 95% de confianza :	2

Incertidumbre de S	0.0834
---------------------------	---------------

VII.- DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE COMBINADA - GRAVEDAD ESPECIFICA (OD)

Estimación de la incertidumbre del Método

Fuente de Variabilidad	Valor	Incertidumbre	C. Sensibilidad	Contribución
A	489.6	0.0832	0.0052	0.0000
B	696.2	0.0892	-0.0134	0.0000
C	1004.9	0.1010	0.0134	0.0000
S	500.0	0.0834	-0.0134	0.0000

Incertidumbre del método 0.00216

Estimación de la incertidumbre por Repetibilidad

Incertidumbre de la Repetibilidad 0.0099

Estimación de la incertidumbre por Calibración

Incertidumbre de la Calibración 0.0020

Incertidumbre Combinada

Incertidumbre Combinada 0.0104

VIII.- DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA

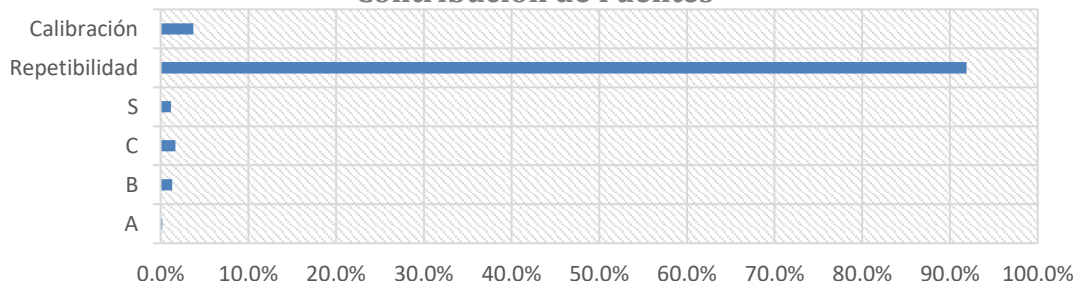
Factor de Cobertura : 2

Incertidumbre Expandida : 0.0207

IX.- CONTRIBUCIÓN DE LOS FACTORES

Fuente de Variabilidad	Contribución	%Participación
A	0.000000	0.2%
B	0.000001	1.3%
C	0.000002	1.7%
S	0.000001	1.2%
Repetibilidad	0.000099	91.9%
Calibración	0.000004	3.7%
TOTAL	0.000107	

Contribución de Fuentes



X.- DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE COMBINADA - GRAVEDAD ESPECIFICA (SSD)

Estimación de la incertidumbre del Método

Fuente de Variabilidad	Valor	Incertidumbre	C. Sensibilidad	Contribución
B	696.2	0.0892	-0.0137	0.0000
C	1004.9	0.1010	0.0137	0.0000
S	500.0	0.0834	-0.0007	0.0000

Incertidumbre del método 0.0018

Estimación de la incertidumbre por Repetibilidad

Incertidumbre de la Repetibilidad 0.0081

Estimación de la incertidumbre por Calibración

Incertidumbre de la Calibración 0.0020

Incertidumbre Combinada

Incertidumbre Combinada 0.0085

XI.- DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA

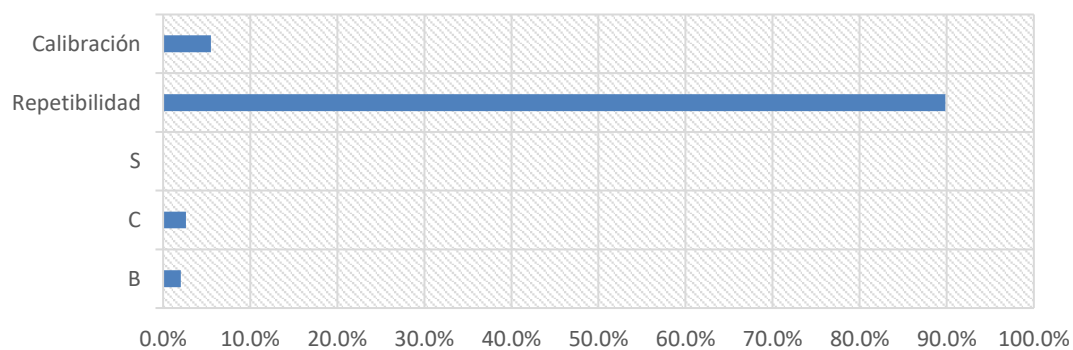
Factor de Cobertura : 2

Incertidumbre Expandida : 0.0171

XII.- CONTRIBUCIÓN DE LOS FACTORES

Fuente de Variabilidad	Contribución	%Participación
B	1.4859E-06	2.0%
C	1.9025E-06	2.6%
S	3.7422E-09	0.0%
Repetibilidad	6.5317E-05	89.8%
Calibración	4.0000E-06	5.5%
TOTAL	7.2709E-05	

Contribución de Fuentes



XIII.- DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE COMBINADA - GRAVEDAD ESP. APARENTE

Estimación de la incertidumbre del Método

Fuente de Variabilidad	Valor	Incertidumbre	C. Sensibilidad	Contribución
A	489.6	0.0832	-0.0094	0.0000
B	696.2	0.0892	-0.0150	0.0000
C	1004.9	0.1010	0.0150	0.0000

Incertidumbre del método 0.0022

Estimación de la incertidumbre por Repetibilidad

Incertidumbre de la Repetibilidad 0.0078

Estimación de la incertidumbre por Calibración

Incertidumbre de la Calibración 0.0020

Incertidumbre Combinada

Incertidumbre Combinada 0.0083

XIV.- DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA

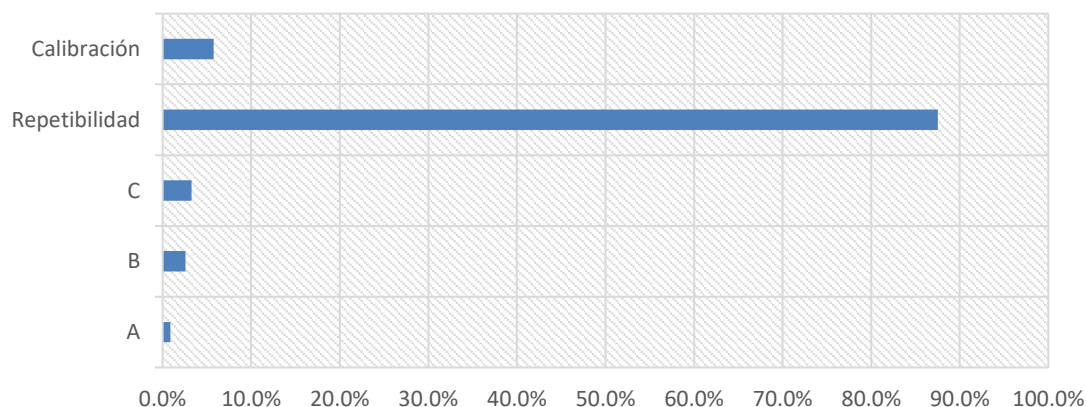
Factor de Cobertura : 2

Incertidumbre Expandida : 0.0167

XV.- CONTRIBUCIÓN DE LOS FACTORES

Fuente de Variabilidad	Contribución	%Participación
A	6.1567E-07	0.9%
B	1.7817E-06	2.6%
C	2.2813E-06	3.3%
Repetibilidad	6.0893E-05	87.5%
Calibración	4.0000E-06	5.7%
TOTAL	6.9572E-05	

Contribución de Fuentes



XVI.- DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE COMBINADA - ABSORCION**Estimación de la incertidumbre del Método**

Fuente de Variabilidad	Valor	Incertidumbre	C. Sensibilidad	Contribución
A	489.6	0.0832	-0.0021	0.0000
S	500.0	0.0834	0.0020	0.0000

Incertidumbre del método 0.0002

Estimación de la incertidumbre por Repetibilidad

Incertidumbre de la Repetibilidad 0.0889

Incertidumbre Combinada

Incertidumbre Combinada 0.0889

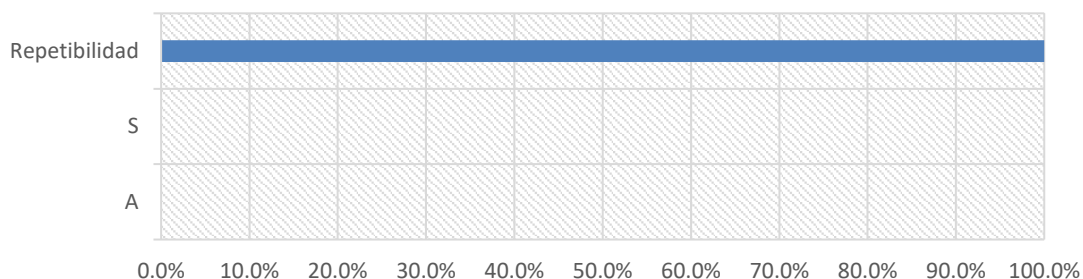
XVII.- DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA

Factor de Cobertura : 2

Incertidumbre Expandida : 0.1778

XVIII.- CONTRIBUCIÓN DE LOS FACTORES

Fuente de Variabilidad	Contribución	%Participación
A	3.0103E-08	0.0%
S	2.9046E-08	0.0%
Repetibilidad	7.9035E-03	100.0%
TOTAL	7.9036E-03	

Contribución de Fuentes

 SERVILAB - EP ING CIVIL	INFORME DE ENSAYO		CODIGO DE SERVICIO
	Gravedad específica y absorción en agregados gruesos		0017-2025-SLIC.02
			FORMATO/VERSIÓN
			F-LCEM-10 / Ver.00
		PÁGINA	
		1/1	

NOMBRE DEL PROYECTO	Tesis: "Impacto de la incertidumbre de la gravedad específica de agregados en la resistencia a compresión de concretos de 210 kg/cm² "		
UBICACIÓN	Lima	FECHA DE RECEPCIÓN :	2025-07-21
CLIENTE	Daniel Eliseo Lozano Rojas Franklin Wilder Enciso Ríos	FECHA DE INFORME :	2025-08-06

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación	Agregado Grueso		
Muestra	-	PROFUNDIDAD	-

RESULTADOS DEL ENSAYO

AGREGADO GRUESO		
Masa de la muestra - superficie saturada (B)	g	2278.0
Masa de la muestra superficie saturada en el agua (C)	g	1473.0
Masa del material seco (A)	g	2263.0
Masa del material seco constante (A)	g	2263.0
Densidad Relativa (gravedad especifica)(OD)		2.81
Densidad Relativa (gravedad especifica)(SSD)		2.83
Densidad Relativa Aparente (gravedad especifica)		2.86
Porcentaje de absorción	(%)	0.7

Tamaño Máximo Nominal: 1/2 in.
Fecha de ensayo: 2025-07-24

Observaciones : _____

Norma	ASTM C127-24	Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate
Telf.: 923 729 400 correo: servilab.civil@upeu.edu.pe Ubicación:Carretera Central Km 19.5 Ñaña, Chosica UPeU - Área de Ingeniería		

REALIZADO POR		AUTORIZADO POR	
FIRMA:		FIRMA:	
Nombre :	José Paredes Arce	Nombre :	Ing. Luis Eduardo Suarez Muedas
Cargo :	Asistente de Laboratorio	Cargo :	Jefe de Laboratorio

Fecha de emisión: 2025-08-06

I.- DEFINICIÓN DEL MESURANDO

Norma: ASTM C127
Título de Norma: Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate.
Método: -
Producto: Agregado grueso

1.1.- Código de muestra: 0017-2025-SLIC.02

1.2.- Datos de ensayo:

A (g)	2263		
B (g)	2278		
C (g)	1473		
Gravedad específica OD	2.81	±	0.018
Gravedad específica SSD	2.83	±	0.014
Densidad Relativa Aparente	2.86	±	0.016
Absorción (%)	0.7	±	0.23

La Incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (u) por el Factor de Cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un Nivel de Confianza de aproximadamente 95%.

II.- MODELO MATEMÁTICO

$$\text{Densidad relativa aparente} = \frac{A}{(A - C)} \quad \text{Gravedad Específica (SSD)} = \frac{B}{(B - C)}$$

$$\text{Absorción, \%} = \left[\frac{(B - A)}{A} \right] \times 100 \quad \text{Gravedad Específica (OD)} = \frac{A}{(B - C)}$$

Donde:

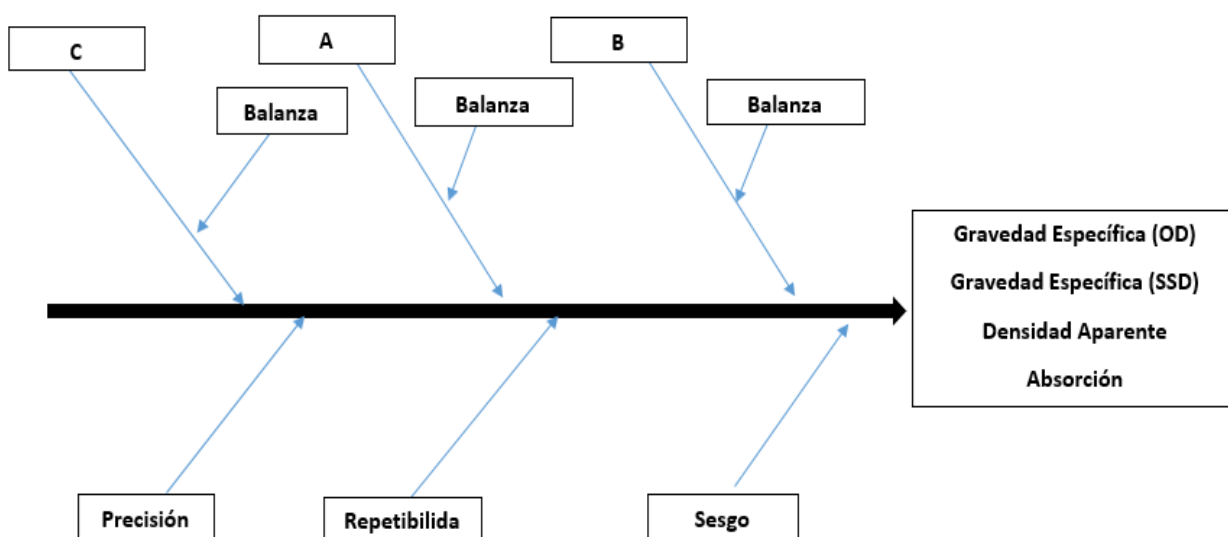
- A: Peso en el aire de la muestra secada al horno. (g)
- B: Peso en el aire de la muestra saturada-seca en la superficie. (g)
- C: Peso aparente de la muestra de ensayo saturada en agua. (g)
- OD: Densidad relativa sobre la base del agregado secado al horno (g/cm³)
- SSD: Densidad relativa sobre la base del agregado seco de superficie saturada (g/cm³)

Los resultados solo están relacionados con el ítem ensayado. Los resultados de las incertidumbres no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de Servilab. Prohibido la reproducción Total o Parcial, excepto con autorización previa y por escrito de Servilab-Laboratorios de la E.P de Ingeniería Civil - UPeU.

III.- IDENTIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA INCERTIDUMBRE

$$\text{Gravedad Especifica (OD)} = \frac{A}{(B - C)} \quad \text{Gravedad Especifica (SSD)} = \frac{B}{(B - C)}$$

$$\text{Densidad relativa aparente} = \frac{A}{(A - C)} \quad \text{Absorción, \%} = \left[\frac{(B - A)}{A} \right] \times 100$$



Donde:

- W %: Contenido de Humedad, %
- M_{cms} : Masa de la tara y muestra húmeda, g
- $M_{c ds}$: Masa de la tara y muestra seca, g
- M_c : Masa de la tara, g
- M_w : Masa de agua ($M_{cms} - M_{c ds}$), g
- M_s : Masa del suelo seco ($M_{c ds} - M_c$), g



INFORME DE DETERMINACIÓN DE LA
INCERTIDUMBRE
DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL
AGREGADO GRUESO

V.- DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE ESTANDAR

a) Estimación de la incertidumbre del Sesgo

Incertidumbre del Sesgo: 0

Nota: En el punto 11.2 de la norma ASTM C127-15 indica que no se puede determinar el sesgo.

b) Estimación de la incertidumbre por Repetibilidad RSD

Incertidumbre de la Repetibilidad:	OD	SSD	Aparente	Absorción
	0.00280	0.00204	0.00235	0.15077

Nota: Para el proceso se consideró la tabla de const-estadist. según Montgomery D. "Control Estadístico de la Calidad".
Limusa Wiley (3ra Edición, 2005).

c) Estimación de la incertidumbre de A

A	2,263	g
---	-------	---

N°	Equipo	Codigo	Usado	U. Expandida	Incertidumbr e	N° Certificado de Calibración	Fecha de calibración	Peso máximo por escala
1	Balanza electrónica	LABC-54	SI	1.8261	0.9130	0545-LM-2025	2025-04-08	30kgx1g
2	Balanza electrónica	LABC-55	NO	1.4864	0.0000	0546-LM-2025	2025-04-08	30kgx1g
3	Balanza electrónica	LABC-57	NO	0.3327	0.0000	0636-LM-2025	2025-04-29	8.2kgx0.1g

e) Estimación de la incertidumbre de B

B	2,278	g
---	-------	---

N°	Equipo	Codigo	Usado	U. Expandida	Incertidumbre	N° Certificado de Calibración	Fecha de calibración	Peso máximo por escala
1	Balanza electrónica	LABC-54	SI	1.8264	0.9132	0545-LM-2025	2025-04-08	30kgx1g
2	Balanza electrónica	LABC-55	NO	1.4868	0.0000	0546-LM-2025	2025-04-08	30kgx1g
3	Balanza electrónica	LABC-57	NO	0.3344	0.0000	0636-LM-2025	2025-04-29	8.2kgx0.1g

f) Estimación de la incertidumbre de C

C	1,473	g
---	-------	---

N°	Equipo	Codigo	Usado	U. Expandida	Incertidumbre	N° Certificado de Calibración	Fecha de calibración	Peso máximo por escala
1	Balanza electrónica	LABC-54	SI	1.8130	0.9065	0545-LM-2025	2025-04-08	30kgx1g
2	Balanza electrónica	LABC-55	NO	1.4706	0.0000	0546-LM-2025	2025-04-08	30kgx1g
3	Balanza electrónica	LABC-57	NO	0.2459	0.0000	0636-LM-2025	2025-04-29	8.2kgx0.1g

Distribución de M _c :	Normal
Factor de Cobertura al 95% de confianza :	2

INFORME DE DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

IV.- Repetibilidad OD

N°	Media	Muestra	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10	Desv estand	Desv estand-R
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LABORATORISTA 1	2.681	M-1	2.692	2.680	2.679	2.685	2.679	2.674	2.688	2.671	2.691	2.675	0.0073	0.0027

IV.- Repetibilidad SSD

N°	Media	Muestra	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10	Desv estand	Desv estand-R
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LABORATORISTA 1	2.691	M-1	2.691	2.688	2.697	2.689	2.682	2.685	2.694	2.699	2.692	2.695	0.0053	0.0020

IV.- Repetibilidad GS aparente

N°	Media	Muestra	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10	Desv estand	Desv estand-R
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LABORATORISTA 1	2.702	M-8	2.703	2.701	2.703	2.696	2.692	2.695	2.704	2.705	2.714	2.703	0.0062	0.0023

IV.- Repetibilidad Absorción

N°	Media	Muestra	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10	Desv estand	Desv estand-R
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LABORATORISTA 1	0.28	M-8	0.26	0.29	0.28	0.25	0.21	0.23	0.32	0.29	0.34	0.31	0.0408	0.1467

Resultados

OD

Desv. Proceso	0.0027	C ₄	0.9727
Incertidumbre estandar-R	0.0028		

SSD

Desv. Proceso	0.0020	C ₄	0.9727
Incertidumbre estandar-R	0.0020		

APARENTE

Desv. Proceso	0.0023	C ₄	0.9727
Incertidumbre estandar-R	0.0024		

ABSORCIÓN

Desv. Proceso	0.1467	C ₄	0.9727
Incertidumbre estandar-R	0.1508		

Observations in Sample, n	Chart for Averages				Chart for Standard Deviations								Chart for Ranges							
	Factors for Control Limits				Factors for Center Line				Factors for Control Limits				Factors for Center Line		Factors for Control Limits					
	A ₁	A ₂	A ₃	C ₄	1/C ₄	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	d ₂	1/d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄				
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267				
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.575				
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282				
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.115				
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004				
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924				
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864				
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816				
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777				
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744				
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717				
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693				
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672				
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653				
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637				
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622				
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608				
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597				
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585				
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575				
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566				
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557				
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548				
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541				

La tabla de const-estadist. según Montgomery D. "Control Estadístico de la Calidad". Limusa Wiley (3ra Edición, 2005).

INFORME DE DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

VI.- DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE COMBINADA - GRAVEDAD ESPECÍFICA (OD)

Estimación de la incertidumbre del Método

Fuente de Variabilidad	Valor	Incertidumbre	C.Sensibilidad	Contrib.
A	2263	0.9130	0.0012	0.0000
B	2278	0.9132	-0.0035	0.0000
C	1473	0.9065	0.0035	0.0000

Incertidumbre del método 0.005

Estimación de la incertidumbre por Repetibilidad

Incertidumbre de la Repetibilidad 0.008

Incertidumbre Combinada

Incertidumbre Combinada 0.009

VII.- DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA

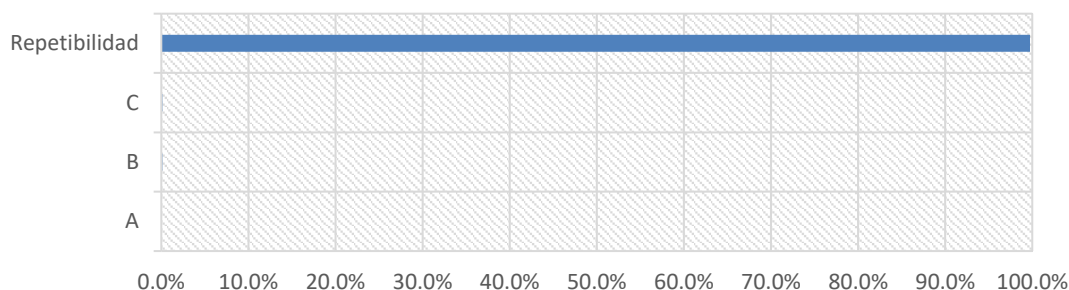
Factor de Cobertura : 2

Incertidumbre Expandida : 0.018

VIII.- CONTRIBUCIÓN DE LOS FACTORES

Fuente de Variabilidad	Contribución	%Participación
A	1.28643E-06	0.0%
B	1.01697E-05	0.1%
C	1.00213E-05	0.1%
Repetibilidad	0.007858189	99.7%
Total	0.007879667	100%

Contribución de Fuentes



IX.- DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE COMBINADA - GRAVEDAD ESPECIFICA (SSD)

Estimación de la incertidumbre del Método

Fuente de Variabilidad	Valor	Incertidumbre	C.Sensibilidad	Contrib.
B	2278	0.9132	-0.0023	0.0000
C	1473	0.9065	0.0035	0.0000

Incertidumbre del método 0.004

Estimación de la incertidumbre por Repetibilidad

Incertidumbre de la Repetibilidad 0.006

Incertidumbre Combinada

Incertidumbre Combinada 0.007

X.- DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA

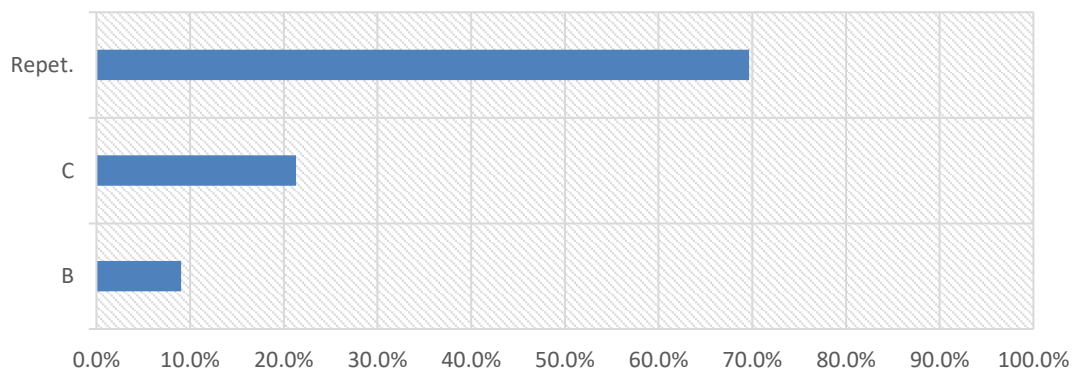
Factor de Cobertura : 2

Incertidumbre Expandida : 0.014

XI.- CONTRIBUCIÓN DE LOS FACTORES

Fuente de Variabilidad	Contribución	%Participación
B	4.30866E-06	9.0%
C	1.01545E-05	21.3%
Repet.	3.31882E-05	69.6%
Total	4.76515E-05	100%

Contribución de Fuentes



XII.- DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE COMBINADA - GRAVEDAD ESP. APARENTE

Estimación de la incertidumbre del Método

Fuente de Variabilidad	Valor	Incertidumbre	C.Sensibilidad	Contrib.
A	2263	0.9130	-0.0024	0.0000
C	1473	0.9065	0.0036	0.0000

Incertidumbre del método 0.004

Estimación de la incertidumbre por Repetibilidad

Incertidumbre de la Repetibilidad 0.007

Incertidumbre Combinada

Incertidumbre Combinada 0.008

XIII.- DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA

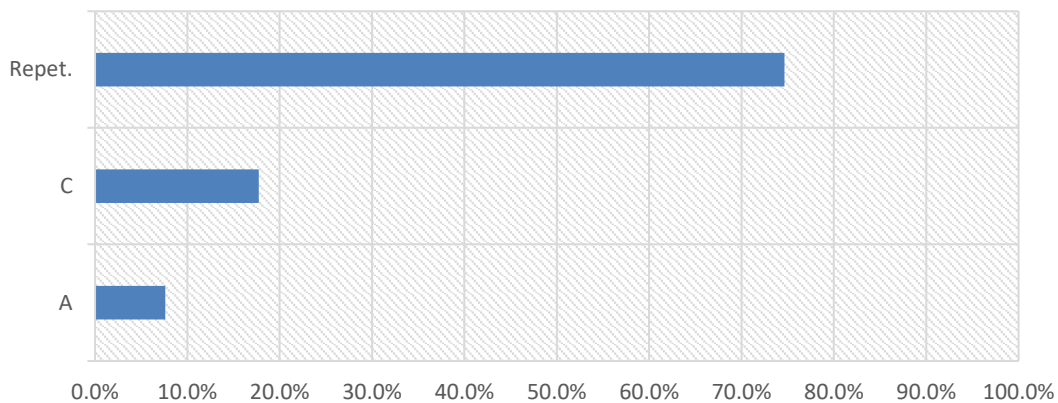
Factor de Cobertura : 2

Incertidumbre Expandida : 0.016

XIV.- CONTRIBUCIÓN DE LOS FACTORES

Fuente de Variabilidad	Contribución	%Participación
A	4.64381E-06	7.6%
C	1.08043E-05	17.7%
Repet.	0.000045	74.6%
Total	6.09192E-05	100%

Contribución de Fuentes



XV.- DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE COMBINADA - ABSORCION

Estimación de la incertidumbre del Método

Fuente de Variabilidad	Valor	Incertidumbre	C.Sensibilidad	Contrib.
A	2263	0.9130	0.0445	0.0016
B	2278	0.9132	0.0442	0.0016

Incertidumbre del método

0.057

Estimación de la incertidumbre por Repetibilidad

Incertidumbre de la Repetibilidad

0.100

Incertidumbre Combinada

Incertidumbre Combinada

0.115

XVI.- DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA

Factor de Cobertura :

2

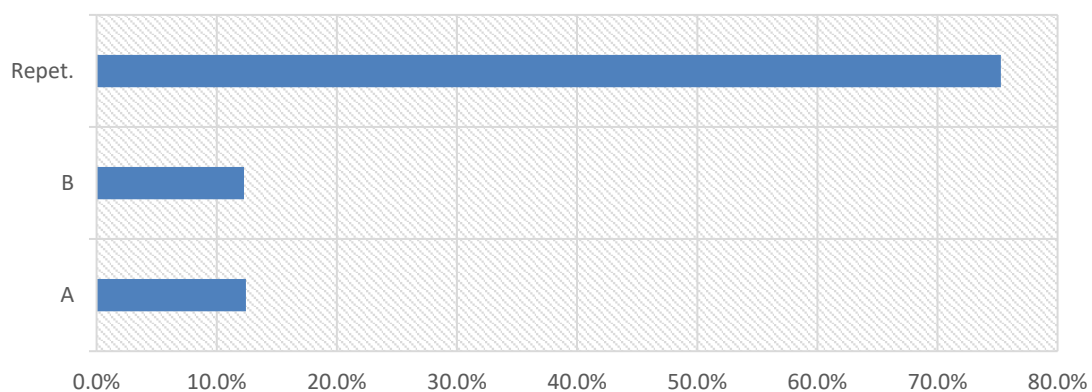
Incertidumbre Expandida :

0.230

XVII.- CONTRIBUCIÓN DE LOS FACTORES

Fuente de Variabilidad	Contribución	%Participación
A	0.001649479	12.4%
B	0.001628364	12.3%
Repet.	0.00998746	75.3%
Total	0.013265304	100%

Contribución de Fuentes



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0545-LM-2025

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2025-04-14
EXPEDIENTE : 04668

1. SOLICITANTE : UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

**DIRECCIÓN : CAR. CENTRAL KM. 19 VILLA UNIÓN - NANA
LIMA - LIMA - LURIGANCHO.**

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : OHAUS
MODELO : R31P30
NÚMERO DE SERIE : 8342028661
ALCANCE DE INDICACIÓN : 30000 g
DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 1 g

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 5 g (*)

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : LABC-54 (**)

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : AREA DE TAMIZADO

CLASE DE EXACTITUD : III

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2025-04-08

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 $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

CADENT S.A.C. no se responsabiliza de lo perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

PC-001, Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y IIII. INACAL, 1ra edición, Mayo 2019.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

AREA DE TAMIZADO DE UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
CAR. CENTRAL KM. 19 VILLA UNIÓN - NANA LIMA - LIMA - LURIGANCHO.




Cadent
METROLOGÍA | LABORATORIO | INDUSTRIAL

Firmado digitalmente
por Miguel Angel
Sosa Sernaque
Fecha: 2025-04-14
16:59:22

Supervisor de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0545-LM-2025

Página 2 de 3

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Mínima	Máxima
Temperatura (°C)	29,9	30,5
Humedad Relativa (%hr)	45	47

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de CADENT S.A.C.	Pesas de clase M ₂	1795 - LM - 2024
Patrones de referencia de CADENT S.A.C.	Juego de Pesas de clase M ₂	1940 - LM - 2024

7. OBSERVACIONES

(*) El valor de división de verificación "e", capacidad mínima y clase de exactitud fueron tomados de acuerdo a la NMP- 003.

Se realizó el ensayo de precarga, con una carga de 30 000 g, la indicación del equipo fue 29 992 g.

Antes de la calibración, se procedió con el ajuste externo de la balanza con las pesas patrones empleadas en la calibración.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003.

(**) Indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)			Inicial			Final		
	30,4			30,4			30,5		
Carga L1 = 15 000 (g)	15 000 (g)			Carga L2 = 30 001 (g)			30 001 (g)		
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	15 003	800	2 700	30 001	700	-200	30 001	700	-200
2	15 002	800	1 700	30 001	700	-200	30 001	700	-200
3	15 000	600	-100	30 000	600	-1 100	30 000	600	-1 100
4	15 002	700	1 800	30 000	700	-1 200	30 000	700	-1 200
5	15 001	600	900	30 001	700	-200	30 001	700	-200
6	15 001	600	900	30 001	700	-200	30 001	700	-200
7	15 001	600	900	30 001	700	-200	30 001	700	-200
8	15 001	600	900	30 000	700	-1 200	30 000	700	-1 200
9	15 001	600	900	30 000	700	-1 200	30 000	700	-1 200
10	15 001	600	900	30 000	700	-1 200	30 000	700	-1 200
Diferencia Máxima			2 800				1 000		
Error máximo permitido ± 15 000 mg				± 15 000 mg					

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0545-LM-2025

2	5
3	4

Página 3 de 3

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									</
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

ENSAYO DE PESAJE

Temp. (°C)					Initial	Final			
					29,9	30,0			
Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp (**)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	(± mg)
50	50	700	-200						5 000
100	100	700	-200	0	100	700	-200	0	5 000
1 000	1 000	700	-200	0	1 000	700	-200	0	5 000
2 500	2 500	700	-200	0	2 500	700	-200	0	5 000
5 000	5 000	700	-200	0	5 000	700	-200	0	10 000
6 000	6 000	700	-200	0	6 000	700	-200	0	10 000
10 000	10 001	700	800	1 000	10 001	600	900	1 100	10 000
15 000	15 001	700	800	1 000	15 001	700	800	1 000	15 000
20 001	20 001	700	-200	0	20 000	700	-1 200	-1 000	15 000
25 001	25 000	800	-1 300	-1 100	25 000	700	-1 200	-1 000	15 000
30 001	30 000	700	-1 200	-1 000	30 000	700	-1 200	-1 000	15 000

(**) error máximo permitido

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

Lectura Corregida	=	$R - 1,07E-06 \times R$
Incertidumbre Expandida	=	$2 \times (8,13E-01 \text{ g}^2 + 4,03E-09 \times R^2)^{1/2}$
donde el símbolo E-xx significa potencia de 10. Ejemplo : E-03 = 10 ⁻³		

I; R : Indicación de la balanza
ΔL: Carga Incrementada
E: Error encontrado
E₀ Error en cero
Ec: Error corregido

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones.
Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de CADENT S.A.C.
Certificados sin firma digital carecen de validez.

Fin de documento

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0546-LM-2025

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2025-04-14
EXPEDIENTE : 04668

1. SOLICITANTE : UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

DIRECCIÓN : CAR. CENTRAL KM. 19 VILLA UNIÓN - NANA
LIMA - LIMA - LURIGANCHO.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : OHAUS
MODELO : R31P30
NÚMERO DE SERIE : 8335440445

ALCANCE DE INDICACIÓN : 30000 g

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 1 g

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 5 g (*)

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : LABC-55 (**)

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : ÁREA DE TAMIZADO

CLASE DE EXACTITUD : III

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2025-04-08

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 $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

CADENT S.A.C. no se responsabiliza de lo perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

PC-001, Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y IIII. INACAL, 1ra edición, Mayo 2019.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

ÁREA DE TAMIZADO DE UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
CAR. CENTRAL KM. 19 VILLA UNIÓN - NANA LIMA - LIMA - LURIGANCHO.



METROLOGÍA | LABORATORIO | INDUSTRIAL

Firmado digitalmente
por Miguel Angel
Sosa Sernaque
Fecha: 2025-04-14
17:02:05

Supervisor de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0546-LM-2025

Página 2 de 3

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Mínima	Máxima
Temperatura (°C)	30,6	31,0
Humedad Relativa (%hr)	47	47

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de CADENT S.A.C.	Pesas de clase M ₂	1795 - LM - 2024
Patrones de referencia de CADENT S.A.C.	Juego de Pesas de clase M ₂	1940 - LM - 2024

7. OBSERVACIONES

(*) El valor de división de verificación "e", capacidad mínima y clase de exactitud fueron tomados de acuerdo a la NMP- 003.

Se realizó el ensayo de precarga, con una carga de 30 000 g, la indicación del equipo fue 29 994 g.

Antes de la calibración, se procedió con el ajuste externo de la balanza con las pesas patrones empleadas en la calibración.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003.

(**) Indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)			Inicial			Final		
	30,6			30,6			30,7		
Carga L1 = 15 000 (g)	15 000 (g)			30 001 (g)			30 001 (g)		
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	15 000	600	-100	30 000	600	-1 100	30 000	600	-1 100
2	15 000	600	-100	30 000	600	-1 100	30 000	600	-1 100
3	15 000	600	-100	30 000	600	-1 100	30 000	600	-1 100
4	15 000	600	-100	30 000	600	-1 100	30 000	600	-1 100
5	15 000	600	-100	30 001	500	0	30 001	500	0
6	15 001	600	900	30 001	600	-100	30 001	600	-100
7	15 001	600	900	30 000	600	-1 100	30 000	600	-1 100
8	15 001	700	800	30 000	600	-1 100	30 000	600	-1 100
9	15 001	600	900	30 001	800	-300	30 001	800	-300
10	15 000	700	-200	30 001	600	-100	30 001	600	-100
Diferencia Máxima			1 100				1 100		
Error máximo permitido ± 15 000 mg				± 15 000 mg					

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0546-LM-2025

2	5
3	4

Página 3 de 3

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

				Inicial	Final				
			Temp. (°C)	30,7	31,0				
Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga Mínima* (g)	I (g)	ΔL (mg)	E ₀ (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1	50	50	700	-200	10 000	10 000	700	-200	0
2		50	700	-200		10 001	600	900	1 100
3		50	600	-100		10 001	700	800	900
4		50	600	-100		10 000	700	-200	-100
5		50	700	-200		10 000	700	-200	0
(*) valor entre 0 y 10 e					Error máximo permitido : ± 10 000 mg				

ENSAYO DE PESAJE

Temp. (°C)					Initial	Final			
					31,0	30,9			
Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp (**)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	(± mg)
50	50	700	-200						5 000
100	100	700	-200	0	100	700	-200	0	5 000
1 000	1 000	700	-200	0	1 000	700	-200	0	5 000
2 500	2 500	700	-200	0	2 500	700	-200	0	5 000
5 000	5 000	700	-200	0	5 000	700	-200	0	10 000
6 000	6 001	600	900	1 100	6 000	700	-200	0	10 000
10 000	10 001	600	900	1 100	10 001	600	900	1 100	10 000
15 000	15 001	600	900	1 100	15 001	600	900	1 100	15 000
20 001	20 000	700	-1 200	-1 000	20 001	600	-100	100	15 000
25 001	25 000	700	-1 200	-1 000	25 000	700	-1 200	-1 000	15 000
30 001	30 000	700	-1 200	-1 000	30 000	700	-1 200	-1 000	15 000

(**) error máximo permitido

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

Lectura Corregida	=	$R - 9,35E-06 \times R$
Incetidumbre Expandida	=	$2 \times (5,32E-01 g^2 + 3,98E-09 \times R^2)^{1/2}$
donde el símbolo E-xx significa potencia de 10. Ejemplo : E-03 = 10 ⁻³		

I; R : Indicación de la balanza
ΔL: Carga Incrementada
E: Error encontrado
E₀ Error en cero
Ec: Error corregido

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones.
Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de CADENT S.A.C.
Certificados sin firma digital carecen de validez.

Fin de documento

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0636-LM-2025

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2025-05-06
EXPEDIENTE : 04668

1. SOLICITANTE : UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

DIRECCIÓN : CAR. CENTRAL KM. 19 VILLA UNIÓN - NANA
LIMA - LIMA - LURIGANCHO.

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : OHAUS

MODELO : NO INDICA

NÚMERO DE SERIE : NO INDICA

ALCANCE DE INDICACIÓN : 8200 g

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0,1 g

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 0,1 g (*)

PROCEDENCIA : NO INDICA

IDENTIFICACIÓN : LABC-57 (**)

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO
DE MATERIALES

CLASE DE EXACTITUD : II

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2025-04-29

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 $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 recalibraciones vigentes.

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

CADENT S.A.C. no se responsabiliza de lo perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

PC-011, Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II. SNM-INDECOPI, 4ta edición, Abril 2010.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES DE UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
CAR. CENTRAL KM. 19 VILLA UNIÓN - NANA LIMA - LIMA - LURIGANCHO.



METROLOGÍA | LABORATORIO | INDUSTRIAL

Jefe de Metrología

Firmado digitalmente
por Juan Carlos
Pinedo Villanueva
Fecha: 2025-05-06
17:39:25

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0636-LM-2025

Página 2 de 3

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Mínima	Máxima
Temperatura (°C)	31,8	32,0
Humedad Relativa (%hr)	44	44

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de LO JUSTO S.A.C.	Pesa de clase F ₂	E183-L-329A-2023-2
Patrones de referencia de INACAL - DM	Juego de Pesas de clase E ₂	LM-C-143-2023
Patrones de referencia de CADENT S.A.C.	Pesa de clase M ₁	1938-LM-2022
Patrones de referencia de LO JUSTO S.A.C.	Pesa de clase F ₂	E183-L-329A-2023-1

7. OBSERVACIONES

(*) El valor de división de verificación "e", capacidad mínima y clase de exactitud fueron tomados de acuerdo a la NMP- 003.

Se realizó el ensayo de precarga, con una carga de 8 200,0 g, la indicación del equipo fue 8 199,1 g.

Antes de la calibración, se procedió con el ajuste externo de la balanza con las pesas patrones empleadas en la calibración.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003.

(**) Indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

ocular

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Inicial				Final		
Temp. (°C)				31,8	32,0	
Medición Nº	(***) Carga L1 = 4 000,0 (g)			(***) Carga L2 = 8 000,0 (g)		
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	4 000,1	50	100	8 000,0	60	-10
2	4 000,0	60	-10	8 000,0	60	-10
3	4 000,0	60	-10	8 000,1	50	100
4	4 000,1	50	100	8 000,1	50	100
5	4 000,1	50	100	8 000,0	60	-10
6	4 000,1	60	90	8 000,0	60	-10
7	4 000,0	60	-10	8 000,0	60	-10
8	4 000,1	50	100	8 000,1	50	100
9	4 000,1	50	100	8 000,0	60	-10
10	4 000,0	60	-10	8 000,1	50	100
Diferencia Máxima			110	110		
Error máximo permitido ± 300 mg				± 300 mg		

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0636-LM-2025

Página 3 de 3

2	5
3	4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

3	4	Temp. (°C)		Inicial	Final				
				32,0	32,0				
Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	(***) Carga Mínima* (g)	l (g)	ΔL (mg)	E ₀ (mg)	(***) Carga L (g)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1	1,0	1,0	60	-10	2 500,0	2 500,0	60	-10	0
2		1,0	60	-10		2 500,1	50	100	110
3		1,0	60	-10		2 500,1	50	100	110
4		1,0	60	-10		2 500,0	60	-10	0
5		1,0	60	-10		2 500,0	60	-10	0
(*) valor entre 0 y 10 e					Error máximo permitido : ± 300 mg				

(*) valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

		Temp. (°C)		Initial	Final				
				31,9	31,8				
(***) Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp (**)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	(±mg)
1,0	1,0	60	-10						100
5,0	5,0	60	-10	0	5,0	60	-10	0	100
500,0	500,0	60	-10	0	500,0	60	-10	0	100
1 000,0	1 000,1	50	100	110	1 000,0	60	-10	0	200
2 000,0	2 000,0	60	-10	0	2 000,0	60	-10	0	200
3 000,0	3 000,0	60	-10	0	3 000,0	60	-10	0	300
4 000,0	4 000,1	50	100	110	4 000,1	50	100	110	300
5 000,0	5 000,1	50	100	110	5 000,0	60	-10	0	300
6 000,0	6 000,0	60	-10	0	6 000,1	50	100	110	300
7 000,0	7 000,0	60	-10	0	7 000,1	50	100	110	300
8 200,0	8 200,0	60	-10	0	8 200,0	60	-10	0	300

(**) error máximo permitido

(***) Carga convencionalmente verdadera

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

Lectura Corregida	=	$R - 7,07E-06 \times R$
Incetidumbre Expandida	=	$2 \times (5,90E-03 g^2 + 4,25E-09 \times R^2)^{1/2}$
donde el símbolo E-xx significa potencia de 10. Ejemplo : E-03 = 10 ⁻³		

I; R : Indicación de la balanza
ΔL: Carga Incrementada
E: Error encontrado
E₀ Error en cero
Ec: Error corregido

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones.
Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de CADENT S.A.C.
Certificados sin firma digital carecen de validez.

Fin de documento

DANIEL - WILDER LOZANO - ENCISO

TESIS - DANIEL LOZANO - WILDER ENCISO.pdf

 Universidad Peruana Union

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::29566:615717681

Fecha de entrega

20 ago 2026, 11:11 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

20 ago 2026, 11:43 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS - DANIEL LOZANO - WILDER ENCISO.pdf

Tamaño del archivo

3.0 MB

64 páginas

18.190 palabras

92.421 caracteres

11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
151 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 7% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 10% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	
	repositoriotec.tec.ac.cr	<1%
2	Trabajos entregados	
	Costa Rica Institute of Technology on 2025-04-06	<1%
3	Trabajos entregados	
	uncedu on 2025-01-21	<1%
4	Trabajos entregados	
	Universidad Cesar Vallejo on 2025-12-09	<1%
5	Trabajos entregados	
	Universidad Cesar Vallejo on 2025-12-16	<1%
6	Trabajos entregados	
	D.A. de Ingeniería Civil on 2026-08-13	<1%
7	Trabajos entregados	
	Universidad Tecnológica de los Andes on 2025-06-26	<1%
8	Internet	
	cdn.www.gob.pe	<1%
9	Trabajos entregados	
	Infile on 2016-05-04	<1%
10	Trabajos entregados	
	Universidad de Guayaquil on 2026-07-23	<1%
11	Internet	
	repositorio.unc.edu.pe	<1%

12	Trabajos entregados	Universidad Ricardo Palma on 2019-10-30	<1%
13	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
14	Trabajos entregados	Universidad Católica Boliviana "San Pablo" on 2025-10-24	<1%
15	Internet	repositorio.ucn.edu.ni	<1%
16	Trabajos entregados	Universidad Ricardo Palma on 2019-10-23	<1%
17	Internet	repositorio.upeu.edu.pe	<1%
18	Trabajos entregados	Universidad Nacional de Cajamarca on 2026-02-11	<1%
19	Internet	docplayer.es	<1%
20	Internet	vitela.javerianacali.edu.co	<1%
21	Trabajos entregados	Docentes on 2026-07-15	<1%
22	Trabajos entregados	Universidad Católica San Pablo on 2023-11-03	<1%
23	Trabajos entregados	Universitat Oberta de Catalunya on 2026-02-25	<1%
24	Internet	www.coursehero.com	<1%
25	Trabajos entregados	Instituto Tecnológico de Costa Rica on 2023-04-14	<1%

26	Trabajos entregados	Universidad Católica Boliviana "San Pablo" on 2025-12-03	<1%
27	Trabajos entregados	Universidad Católica de Santa María on 2019-12-12	<1%
28	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2024-07-31	<1%
29	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2025-12-18	<1%
30	Internet	docslide.us	<1%
31	Internet	repositorio.upn.edu.pe	<1%
32	Trabajos entregados	ucb on 2025-06-24	<1%
33	Internet	www.produccioncientificaluz.org	<1%
34	Trabajos entregados	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-06-29	<1%
35	Internet	bvs.sld.cu	<1%
36	Internet	repositorioacademico.upc.edu.pe	<1%
37	Internet	ru.dgb.unam.mx	<1%
38	Trabajos entregados	Dumfries and Galloway College on 2023-06-09	<1%
39	Trabajos entregados	Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD on 2026-05-12	<1%

40	Trabajos entregados	Universidad Nacional de Cajamarca on 2025-09-10	<1%
41	Trabajos entregados	Universidad Peruana Union on 2026-06-17	<1%
42	Trabajos entregados	Universidad San Francisco de Quito on 2021-02-22	<1%
43	Trabajos entregados	Universidad Tecnologica del Peru on 2026-07-15	<1%
44	Trabajos entregados	Universitat Oberta de Catalunya on 2026-03-08	<1%
45	Internet	ctmetromundo.blogspot.com	<1%
46	Internet	doku.pub	<1%
47	Internet	recursosbiblioteca.utp.edu.co	<1%
48	Internet	repositorio.unan.edu.ni	<1%
49	Internet	repositorio.unheval.edu.pe	<1%
50	Internet	repositorio.uss.edu.pe	<1%
51	Internet	revistas.unitru.edu.pe	<1%
52	Internet	villahermosa.tecnm.mx	<1%
53	Internet	www.datosabiertos.gob.pe	<1%

54	Trabajos entregados	Blackboard on 2026-05-02	<1%
55	Trabajos entregados	Universidad Autónoma de Nuevo León on 2016-07-12	<1%
56	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2022-06-01	<1%
57	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2024-12-11	<1%
58	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2025-01-22	<1%
59	Trabajos entregados	Universidad Privada del Norte on 2024-08-30	<1%
60	Trabajos entregados	Universidad San Francisco de Quito on 2025-03-20	<1%
61	Trabajos entregados	Universidad Tecnologica de los Andes on 2026-01-12	<1%
62	Trabajos entregados	Universitat de Barcelona on 2026-07-29	<1%
63	Internet	construpedia.ai	<1%
64	Internet	repo.sibdi.ucr.ac.cr:8080	<1%
65	Trabajos entregados	uncedu on 2024-03-18	<1%
66	Internet	www.semanticscholar.org	<1%