

“Método adaptado para medir el número de rebote en el mortero endurecido, con base en el método de ensayo establecido en la NTC 3692:2018 para concreto, con el objetivo de estimar de manera comparativa la resistencia a la compresión del mortero para el caso del proyecto Coral.”

Presentado por:

William Leonardo Suarez Marin

Presentado a:

Dir. Luis Jaime Henao Rodríguez

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

Facultad Ingeniería Civil

Maestría en Patología de la Construcción

Bogotá Distrito Capital

2025

Tabla de Contenido	Pagina
Formulación del tema.....	3
Planteamiento del problema.....	3
Pregunta de investigación.....	5
Hipótesis.....	6
Justificación.....	7
Objetivos.....	8
Objetivo general.....	8
Objetivos específicos.....	8
Marco Normativo.....	9
Metodología.....	12
Conclusiones.....	16
Resumen de Resultados	17
Bibliografía.....	18
Anexos.....	21

Formulación del Tema

“Método adaptado para medir el número de rebote en el mortero endurecido, con base en el método de ensayo establecido en la NTC 3692:2018¹ para concreto, con el objetivo de estimar de manera comparativa la resistencia a la compresión del mortero para el caso del proyecto Coral.”

Planteamiento del Problema

Descripción del Problema:

Teniendo en cuenta lo establecido en el código de construcción sismo resistente NSR-10 en el título D, numeral D.3.4, y en la (NTC 3546:2021) Métodos de ensayo para la evaluación en el laboratorio y en obra de morteros para unidades de mampostería simple y reforzada (NTC 3329:2004), es necesario establecer un método que permita evaluar la resistencia a la compresión de los morteros cuando estos no dan cumplimiento con lo especificado en el diseño. (NSR-10 título D - 2010).

La investigación surge debido a la necesidad de realizar la evaluación de la resistencia a la compresión especificada del mortero de recubrimiento ó revoque instalado cuando sus resultados a la edad de diseños a 28 días no cumplen el factor de diseño y no se quiere extraer muretes (Astm C 1532), demoler 100 metros cuadrados de revoque a los 28 días de instalados en 1 día y generar atrasos en tiempos de entrega son actividades propicias a evitar.

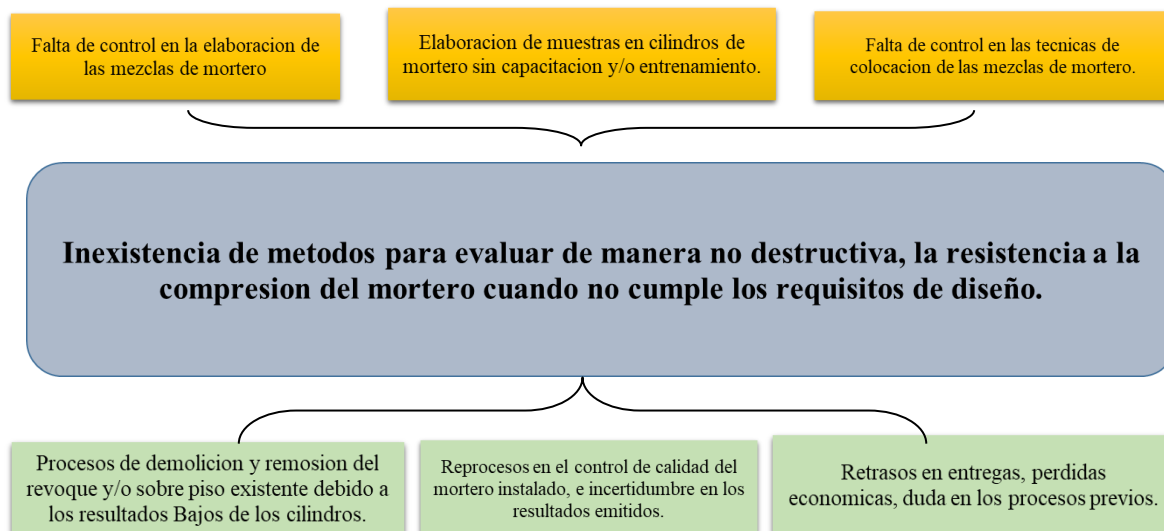
Debido a la inexistencia de un método que permita deducir la resistencia a la compresión sin usar métodos destructivos, con el presente método se busca deducir la resistencia a la compresión mediante la comparación del rebote promedio entre un mortero con resultados que estén dando cumplimiento a los parámetros de resistencia de diseño o esperados y un mortero o varios morteros que no cumplan con los parámetros mínimos de aceptación.

Coral es un proyecto de Construtora Amarillo, el cual consta de 144 apartamentos con un área de 102 m² aproximadamente (Amarillo: 2025), si en base al historial de intervención tomamos un 10% del área total con reboque se tendrían 1468 m² de reboque afectado en duda el cual debería ser intervenido.

Una demolición programada puede llegar a costar \$ 6126 el metro cuadrado (Generador de precios, 2025), adicional los tiempos de atraso en las entregas pueden llevar a ruta crítica, ya que la etapa de revoque es una de las etapas que dan pie a los acabados finales como el estuco, instalaciones de recubrimientos, ubicación de gabinetes y puertas.

¹ NTC 3692:2018 Método de ensayo para medir el número de rebote del concreto endurecido. Esta norma es una adopción modificada (MOD) respecto a su documento de referencia, la norma ASTM C805/C805M-13^a.

El metodo tomara como base la NTC 3692:2018, la cual describe el ensayo para medir el número de rebote del concreto endurecido considerado un metodo no destructivo y que servira como base del presente procedimiento (NTC 3692:2018).



Arbol de problemas Fuente: Elaboracion propia (2025).

Preguntas de investigación

Pregunta de Investigación

¿Se puede plantear un método para medir el número de rebote en el mortero endurecido adaptando la NTC 3692:2018 (NTC 3692:2018), estimando la resistencia a la compresión de manera comparativa del mortero de la obra Coral de la constructora Amarilo S.A.S.

Preguntas Específicas del proyecto de investigación

¿Qué parámetros se deben considerarse para adaptar el método de ensayo descrito en la NTC 3692:2018 (NTC 3692:2018) y poder estimar mediante número de rebote, la resistencia a la compresión del mortero endurecido en el proyecto Coral de Amarilo?.

¿Es viable estimar de manera comparativa la resistencia a la compresión del mortero de revoque y mortero de nivelación de la obra Coral de la constructora Amarilo S.A.S mediante el método propuesto?

¿Cuál puede ser la correlación entre los valores de rebote obtenidos con el esclerómetro y la resistencia a compresión del mortero?

Hipótesis

Existe una correlación suficientemente representativa entre el índice de rebote medido en morteros endurecidos y su resistencia a la compresión, que permite aplicar un método comparativo no destructivo en condiciones de obra.

Los ensayos no destructivos del concreto en obra, tales como: martillo de rebote (esclerómetro), velocidad de pulso ultrasónico, o arrancamiento (Pull out), se buscará adaptar este método de ensayo no destructivo para realizar comparaciones en el mortero de revoque o nivelación del proyecto Coral y así determinar comparativamente la resistencia a la compresión de este material. (ASTM C 900 2023) (NTC 3692:2018)(NTC 4325:1997).

Justificación

Se busca adaptar un método existente como lo es el ensayo para medir el número de rebote del concreto endurecido (esclerómetro) NTC 3692:2018, el cual es un ensayo comparativo que requiere de un equipo especial de características determinadas para su uso sobre concreto (NTC 3692:2018).

Relevancia Técnica

Para el presente caso se usará un equipo de esclerómetro con un área de impacto mayor, así como también será necesaria una correlación ya sea de superficies adyacentes con resultados de morteros testigos (especímenes de mortero fallados a compresión) o muestras representativas para compresión (ASTM D5873-2014) con resultados satisfactorios a los 28 días.

Una evaluación no destructiva, como lo es el esclerómetro permite estimar la resistencia sin dañar la estructura, lo que es crucial para la inspección de edificios y otras construcciones existentes, esto lo diferencia de las pruebas destructivas, como la extracción de testigos, que pueden comprometer la integridad estructural y generar un daño aún mayor (NTC 3692:2028).

Aplicabilidad Practica

La rapidez y facilidad de uso hace que el ensayo con esclerómetro permita evaluar grandes áreas en poco tiempo, esto lo convierte en una herramienta valiosa para el control de calidad en obra y la detección de zonas débiles o deterioradas en un tiempo relativamente corto o de manera anticipada.

La detección de variaciones en la calidad es detectable en la ejecución de la prueba, con el esclerómetro se pueden detectar variaciones en la uniformidad del mortero y calidad dentro de una misma estructura ayudando a identificar zonas con menor resistencia o posibles problemas constructivos.

Justificación Normativa

Con base en los procedimientos ya establecidos, se tomarán al menos 10 lecturas en diferentes puntos de la zona de ensayo, separadas por 25 mm como mínimo o mayores para evitar interferencias o afectación causada por el golpe inmediatamente anterior, y su cálculo será descartando las lecturas que difieren en más de 7 unidades del promedio y siendo calculadas mediante la media de las lecturas restantes.

Objetivos

Objetivo General

Proponer un método no destructivo basado en el ensayo de esclerómetro (NTC 3692:2018) para estimar comparativamente la resistencia del mortero endurecido en el proyecto Coral de la constructora Amarilo.

Objetivos Específicos

1. Establecer el procedimiento para ejecutar la prueba de esclerómetro sobre el mortero endurecido de la obra Coral de la constructora Amarilo y que de una manera comparativa pueda deducir la resistencia a la compresión.
2. Demostrar que el uso del equipo propuesto para el método permite obtener datos de manera técnica y adecuada para la deducción de resistencia para el cumplimiento de lo establecido en la NSR-10 en el título D, numeral D.3.4 (NSR-10 título D - 2010).
3. Validar que los resultados obtenidos mediante el método planteado, sirvan como parámetro de comparación del mortero endurecido de la obra Coral de la constructora Amarilo, evitando desperdicio de materiales y gastos adicionales en el proyecto.
4. Evaluar los diferentes tipos de mortero acorde a su uso, material y tipo usados en el proyecto Coral acorde a lo establecido en la NSR-10 en el título D, numeral D.3.4 (NSR-10 título D - 2010).

Marco normativo

El presente marco normativo relaciona las normas, valores o estándares que servirán para guiar la investigación y para evaluar los resultados obtenidos. Se utilizarán con el fin de analizar y evaluar la adecuación del método propuesto en relación con las normas predefinidas.

El método propuesto busca obtener de normativas o estándares tanto nacionales como internacionales la base para generar un nuevo criterio comparativo.

El martillo o esclerómetro mide el rebote de una masa accionada por resorte que impacta contra la superficie del concreto o roca y refleja en una escala adimensional el resultado de dicho rebote, para el ejercicio de ensayo el martillo o esclerómetro golpea el concreto o roca con una energía definida (Proceq Historia original del Schmidt Hammer).

El rebote depende de la dureza del concreto y se evidencia en el equipo de manera inmediata, según el productor del equipo puede compararse o referenciarse a una tabla de conversión, el valor de rebote se puede utilizar para determinar la resistencia a la compresión del concreto bajo ciertas condiciones(NTC 3692:2018).

Normativa Colombiana

Para Colombia rige actualmente el código de construcción sismo resistente NSR-10(NSR-10 título C), donde los ensayos no destructivos incluido el esclerómetro son puestos a discreción de la supervisión técnica propia de cada proyecto, los cuales definen su uso y aceptación, ya que a pesar de que pueden estar acreditados por muchos laboratorios de ensayos su dispersión se encuentra alrededor del 20% en comparación a una serie de resultados de compresión de núcleos los cuales son el único ensayo aceptado por la NSR-10 para la evaluación de la resistencia a la compresión del concreto(NSR-10 título C).

La NSR-10 ratifica que el uso de ensayos no destructivos puede ser únicamente comparativo y con elementos que tengan resultados reales a partir de pruebas de compresión(NSR-10 título C), ya sea la compresión de cilindros mediante el uso de los procedimientos establecidos en la NTC 673:2021 Método de ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto(NTC 673:2021), o NTC 3658:2018 Método para la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas de concreto aserradas (NTC 3658:2018).

A pesar de existir en la NSR-10 una restricción de uso del ensayo de esclerómetro bajo la NTC 3692:2028, debido a las características e importancia estructural propia del concreto para determinar comparativamente la resistencia a la compresión del concreto, lo que se busca con esta metodología es adaptar dicho método para evaluar la resistencia a la compresión del mortero endurecido mediante el uso del martillo de rebote modificado.(NTC 3692:2018)

Según la revisión de literatura existente, partiendo el título D de la NSR-10, el cual detalla en el literal D.3.4 el Mortero de pega y sus características no muestra un método no destructivo para evaluar su resistencia a la compresión si esta característica no se cumple bajo las

condiciones de diseño, encontrando una razón adicional para generar un método no destructivo para dicha evaluación(NSR-10 título D - 2010) .

La norma NTC 3546:2021 habla de los Métodos de ensayo para la evaluación previa y durante la construcción de morteros para unidades de mampostería simple y reforzada, donde no se logra evidenciar un método que permita la evaluación en estado endurecido del mortero cuando este no cumplió con las características de diseño establecidas y nuevamente y en la especificación de los morteros se puede observar la falta de un método como el propuesto(NTC 3546:2021).

La norma NTC 3356: 2004 también menciona las especificaciones del mortero para unidades de mampostería, las cuales se relacionan mas con un mortero grout de similar comportamiento a un concreto de baja resistencia, pero aun así tampoco identifica métodos de evaluación de resistencia post instalados y de no cumplimiento del orden no destructivo de los morteros (NTC 3356:2004).

La norma NTC 3329:2004, detalla las especificaciones del mortero para unidades de mampostería, lamentablemente estas especificaciones como en las anteriores no ven necesaria la evaluación de la resistencia del mortero post instalado a pesar de la necesidad latente de la generación del método propuesto(NTC 3329:2004).

Para fines evaluativos y comparativos de base se podrán evaluar resultados de compresión de cubos de 50mm de lado por 50mm de lado, siempre y cuando estos se puedan extraer de la estructura existente (NTC 220:2024).

Normativa Internacional

En la revisión de literatura normativa a modo internacional se encuentran la ASTM C805M-18, la cual es el Método de prueba estándar para el índice de rebote del hormigón endurecido(ASTM C805M-18), que para el caso de Colombia y según la NTC 3692:2018 dicho método es adaptado con modificaciones con una similitud del 95%, por ende se puede establecer una relación directa con el método nacional pero no aplicaría ya que se resalta que el método adaptado busca ser inicialmente para Colombia y para mortero (NTC 3692:2018).

Se encuentra a nivel Europa la UNE-EN 12504-2:2022 ensayos de hormigón en estructuras. En la parte 2, Ensayos no destructivos. Determinación del índice de rebote, el cual según la revisión hace parte de un compendio de normas de tipo no destructivo enfocadas en concreto y no en mortero endurecido y su similitud con la NTC 3692:2018 es del mismo orden de la ASTM(UNE-EN 12504-2:2022) (NTC 3692:2018).

Por ultimo y no menos importante tenemos la ASTM D5873-14 Método de prueba estándar para la determinación de la dureza de la roca mediante el método del martillo de rebote (retirado en 2023) el cual debido a su estado de retirado sin reemplazo solo puede ser mencionado como guía, resaltando que de dicha norma se tomara como base el equipo usado y

sus especificaciones ya que me permite evaluar resistencias que coinciden con los rangos de resistencias del mortero (ASTM D5873-14).

Acorde a la revisión realizada se puede resaltar que no existe un método a nivel mundial que busque dar una respuesta al caso de estudio, ya sea por las características del material (NTC 2240:2020), o la importancia del mismo en la construcción, recordemos que un mortero de revoque o nivelación no tienen funciones estructurales, pero si visualizamos la importancia de la optimización de recursos de cada proyecto y del proyecto del caso de estudio, lo que puede representar como generador de residuos de construcción y demolición, bajo estos y más parámetros expuestos se puede determinar la necesidad del método propuesto a una necesidad latente del caso de estudio y de las obras en común.

Metodología

La metodología seleccionada es de tipo mixto, basada en una descripción cualitativa que detalla el paso a paso para ejecutar el método adaptado para la prueba de esclerómetro sobre mortero y una fase cuantitativa enfocada en los resultados obtenidos utilizando un equipo que permita obtener valores de índice esclerómetro válidos de los elementos.

Para el caso de la obra Coral se realizará sobre los morteros de muros de apartamentos con resistencias bajas y como elementos testigos se seleccionarían morteros de muros con resistencias satisfactorias.

Los resultados obtenidos con anterioridad permiten determinar que la investigación arroja resultados satisfactorios descartando la necesidad de ser necesaria la probabilidad.

Diseño, teniendo como base un documento físico descriptivo como lo es el método propuesto y la ejecución de ensayos se tiene un proceso planificado.

Población y muestra, Se realizarán pruebas en 30 de las estructuras propuestas que presenten resistencias por debajo de lo esperado y elementos que estén dando cumplimiento como testigos.

Herramienta o instrumento empleado, esclerómetro para roca con capacidad de medición de resistencias bajas, teniendo en cuenta la clasificación por resistencias dadas en la NSR-10 para los morteros usados en el proyecto Coral.

Esclerómetro de roca o elementos blandos, es un equipo portátil de ensayos de resistencia no destructivos que mide el grado de rebote de la roca que para el presente caso se realizara sobre mortero.

Especificaciones del equipo; Peso 375 g, Longitud de estiramiento del resorte 75 mm (máx.), Energía de impacto: 2,207 N/m (horizontal), Valores promedio de rebote sobre yunque de acero 82 ± 2 , Rangos de medición de 50 máximo 194 N/mm² (5 Mpa – 19,4 Mpa), Rango de temperatura 0°C - 40°C, Dimensiones del equipo Ancho 55 × Alto 55 × Largo 355 mm.



Imagen 1. Equipo esclerómetro para Roca. Fuente propia.

Fase (nombre de la fase)	Acciones por desarrollar en la fase	Técnicas e instrumentos que contempla utilizar (solo mencionar)
Fase 1: Metodo de ensayo	Se adapta la metodologia de la NTC 3692:2018, para ser usada sobre mortero con el uso de un esclerometro adecuado y unicamete a modo comparativo.	Se debera seleccionar la zona de ensayo e identificcar el mortero en duda o con resistencias bajas y el mortero que servira como testigo o referencia con resistencias aceptadas.
		Se seleccinara la zona media del elemento de preferencia alejado de bordes, uniones y aceros expuestos
		Nota: se crean formatos para toma de datos de ensayo en campo y formato para informe de resultados.
		Las superficies blandas, con partes sueltas y con fisuracion seran descartadas de la prueba dada la naturaleza de impacto del equipo.
		Se verifica el estado del equipo previo a la ejecucion de las pruebas.
		Se accionara el equipo 10 veces sobre el elemento, llevando registro de las lecturas de los elementos en duda y testigo.

Tabla Continua.....

Tabla 1 Fases de ejecucion Fuente Elaboracion propia (2025).

Fase (nombre de la fase)	Acciones por desarrollar en la fase	Técnicas e instrumentos que contempla utilizar (solo mencionar)
Fase 1: Metodo de ensayo		Se verifica el estado antes y despues de la superficie para idenntificar posibles desprendimientos causados por el ensayo. De ser asi se debera repetir la prueba.
	Se adapta la metodologia de la NTC 3692:2018, para ser usada sobre mortero con el uso de un esclerometro	Se calculara el indice de rebote promedio descartando las lecturas que varien en mas de 5 unidades, si mas de 3 lecturas de las 10 varian, se descarta la medida.
	adecuado y unicamete a modo comparativo.	Al obtener los indices esclerometricos se debera organizar los resultados en una tabla para realizar la deduccion comparativa.
		Se generara una deduccion de resistencia comparativa a partir de los indices esclerometricos.

Tabla Continua.....

Tabla 1 Fases de ejecucion Fuente Elaboracion propia (2025).

Fase 2: Selección del equipo.	Acorde a las resistencias a la compresion a evaluar se seleccionara un equipo acorde.	Esclerometro tipo L
		Esclerometro tipo H
		Esclerometro rango de medición: 50 a 194 N/mm ²
Fase 3: Ejecucion de ensayos.	Se ejecutarán ensayos con el equipo propuesto en fase 2 con la metodología propuesta en Fase 1	Se evaluaron un total de 40 elemenotos diferentes donde se tengan duda de la resistencia a la compresion y que se puedan comparar con elementos de igual resistencia nominal, de preferencia de la misma edad o cercana y que dichos morteros conengan los mismos ingredientes para su elaboracion.
Fase 4: Análisis de resultados	Se compilan los resultados obtenidos para así analizar los resultados obtenidos.	Con los resultados obtenidos y llegando a un total de 30 resultados validos como minimo se podra determinar la validez de las pruebas realizadas bajo el metodo propuesto.
		Con el calculo del indice de rebote promedio descartando las lecturas que varien en mas de 7 unidades, y usando la media como metodo estadistico si mas de 3 lecturas de las 10 varian, se descarta la medida.

Tabla 1 Fases de ejecucion Fuente Elaboracion propia (2025).

Con un tamaño de muestra de 30 o más, la media muestral tiende a distribuirse normalmente, lo que facilita la aplicación de métodos estadísticos que asumen normalidad.

Conclusiones

Acorde con el análisis de los resultados obtenidos se puede determinar que el método propuesto para obtener el número de rebote en el mortero endurecido adaptado de la NTC 3692:2018 (NTC 3692:2018), es adecuado para estimar la resistencia a la compresión de manera comparativa del mortero evaluado en la obra del caso de estudio.

También se concluye que la deducción de resistencia realizada con los resultados obtenidos presento resultados satisfactorios dentro de los promedios estadísticos y no fue necesario realizar pruebas adicionales para obtener los 30 resultados requeridos para la validación del método comparativo.

En relación con el equipo propuesto, el esclerómetro para materiales blandos es efectivo para la ejecución de la prueba sobre morteros de revoque, pañete o repello, debido a que no causa daños superficiales ni genera agrietamiento, como pruebas adicionales se realizaron ensayos sobre mortero grouting obteniendo rebotes homogéneos y que pueden representar un área de interés futura para el presente proyecto.

Se validan los resultados obtenidos mediante una tabla de resultados, donde se presenta como anexo una deducción de resistencia a la compresión con los índices de rebote obtenidos y un ejemplo grafico de cada prueba y toma de datos propuesta, resaltando lo limites máximos y mínimos junto a los golpes rechazados y desviación.

Se identifican las siguientes limitaciones, hay varias condiciones a tener en cuenta del elemento y del proceso constructivo que pueden afectar el resultado, entre ellas, si el impacto se realiza en el área circundante de una zona de bajo espesor los resultados pueden ser representativo del sustrato o soporte del mortero, si se impacta un agregado grueso los índices esclerométricos son altos, si hay presencia de humedad los índices esclerométricos son bajos, alta porosidad y variación en el tipo de acabado varían los resultados.

Como punto a resaltar del presente proyecto, en la actualidad la industria de la construcción no cuenta con un método avalado para la estimación de la resistencia del mortero post instalado, lo cual deja abierta la posibilidad al uso de esta metodología no solo en morteros de revoque, pañete o repello, sino en morteros grout sin agregado grueso.

Como conclusión final, se evaluaron 2 pisos de la torre 3 del proyecto del caso de estudio, en dicha evaluación se llevaron acabo 30 pruebas en 1 día de trabajo equivalente a 8 horas, lo cual permitió determinar sin daño el estado de los elementos evaluados, sin costos asociados a demolición, disposición y reemplazo.

Resumen de Resultados Obtenidos

Se presenta a continuación la tabla 2. Resumen de resultados, y como anexo el resumen de la toma de datos de cada prueba, la técnica de análisis usada y el rebote promedio adimensional, el cual se usa para realizar la comparación y deducción de resultados que también es presentada en la tabla resumen.

Tabla 2. Resumen de Resultados

Ensayo Nº1	Elemento Evaluado	Rebote Promedio	Deducción de Resistencia en (%)	Deducción de Resistencia en (MPa)
1	Muro 1 piso 10 - 12,5 MPa (testigo 105%)	23	105	13.1
2	Muro 2 Piso 10	21.9	100	12.5
3	Muro 3 Piso 10	21.4	98	12.2
4	Muro 4 Piso 10	19.5	89	11.1
5	Muro 5 Piso 10	23.3	106	13.3
6	Muro 6 Piso 10	22	100	12.6
7	Muro 7 Piso 10	21.2	97	12.1
8	Muro 8 Piso 10	23	105	13.1
9	Muro 9 Piso 10	18.6	85	10.6
10	Muro 10 Piso 10	20.4	93	11.6
11	Muro 11 Piso 10	21.7	99	12.4
12	Muro 12 Piso 10	19.5	89	11.1
13	Muro 13 Piso 10	20.2	92	11.5
14	Muro 14 Piso 10	22.8	104	13.0
15	Muro 15 Piso 10	21.2	97	12.1
16	Muro 1 piso 11 - 12,5 MPa (testigo 109%)	22.9	109	13.6
17	Muro 2 Piso 11	24.3	116	14.5
18	Muro 3 Piso 11	23.9	114	14.2
19	Muro 4 Piso 11	21.6	103	12.9
20	Muro 5 Piso 11	22.2	106	13.2
21	Muro 6 Piso 11	25.9	123	15.4
22	Muro 7 Piso 11	21.7	103	12.9
23	Muro 8 Piso 11	21.9	104	13.0
24	Muro 9 Piso 11	23	109	13.7
25	Muro 10 Piso 11	18.7	89	11.1
26	Muro 11 Piso 11	26.3	125	15.6
27	Muro 12 Piso 11	23.5	112	14.0
28	Muro 13 Piso 11	19.7	94	11.7
29	Muro 14 Piso 11	23.5	112	14.0
30	Muro 15 Piso 11	23.1	110	13.7
31	Muro 16 Piso 11	24.6	117	14.6

Bibliografía

NSR-10 título D (2010) Código de construcción sismo resistente, numeral D.3.4, Instituto Distrital de Recreación y Deporte – IDRD, encontrado en <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.idrd.gov.co/sites/default/files/documentos/Construcciones/4titulo-d-nsr-100.pdf>.

NTC 3546:2021 (2021), Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Métodos de ensayo para la evaluación previa y durante la construcción, de morteros para unidades de mampostería simple y reforzada, encontrado en <https://tienda.icontec.org/gp-metodos-de-ensayo-para-la-evaluacion-previa-y-durante-la-construccion-de-morteros-para-unidades-de-mamposteria-simple-y-reforzada-ntc3546-2021.html>.

NTC 3692:2018 (2018), Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Concretos. Método de ensayo para medir el número de rebote del concreto endurecido, encontrado en <https://tienda.icontec.org/gp-concretos-metodo-de-ensayo-para-medir-el-numero-de-rebote-del-concreto-endurecido-ntc3692-2018.html>.

Proyecto Coral – Constructora Amarilo (2023), Apartamentos, encontrado en https://amarilo.com.co/proyecto/coral-felicidad?utm_id=10A08&utm_source=google-search---nacional&utm_medium=cpconversion&utm_campaign=amarilo_semaon_proyectos&utm_term=adgroup-proyecto-coral_anuncio-de-texto_textad&utm_source=google&utm_medium=sem&utm_campaign=proyectos&utm_term=exto_dinamico&gad_source=1.

IA Gemini (09-03-2025), Bot conversacional de inteligencia artificial multimodal y generativa desarrollado por Google basado en la familia Gemini Pro <https://gemini.google.com/app/92d0d178cb3f5e0c>

Proceq Historia original del Schmidt Hammer, Archivo web "Historia original del Schmidt Hammer", consultado en "Historia original del Schmidt Proceq Historia original del Schmidt Hammer Hammer" . Archivado desde el original el 29 de junio de 2016. Consultado el 12 de enero de 2012.

NTC 3658:2018 (2018), Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ingeniería civil y arquitectura. Método para la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas de concreto aserradas. Encontrado en <https://tienda.icontec.org/gp-ingenieria-civil-y-arquitectura-metodo-para-la-obtencion-y-ensayo-de-nucleos-extraidos-y-vigas-de-concreto-aserradas-ntc3658-2018.html>.

NTC 673:2021 (2021), Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Concretos. Método de ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto. Encontrado en <https://tienda.icontec.org/gp-concretos-metodo-de-ensayo-de-resistencia-a-la-compresion-de-especimenes-cilindricos-de-concreto-ntc673-2021.html>.

NTC 3546:2021 (2021), Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Métodos de ensayo para la evaluación previa y durante la construcción, de morteros para unidades de mampostería simple y reforzada, encontrado en <https://tienda.icontec.org/gp-metodos-de-ensayo-para-la-evaluacion-previa-y-durante-la-construccion-de-morteros-para-unidades-de-mamposteria-simple-y-reforzada-ntc3546-2021.html>.

NTC 3329:2004 (2004), Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Especificaciones del mortero para unidades de mampostería, encontrado en <https://tienda.icontec.org/gp-concretos-especificaciones-del-mortero-para-unidades-de-mamposteria-ntc3329-2004.html>.

NTC 3356:2004 (2004), Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Mortero premezclado para mampostería, encontrado en <https://tienda.icontec.org/gp-concretos-mortero-premezclado-para-mamposteria-ntc3356-2000.html>.

ASTM C805M-18 (2018), Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales, la cual es el Método de prueba estándar para el índice de rebote del hormigón endurecido, encontrado en https://store.astm.org/c0805_c0805m-18.html.

UNE-EN 12504-2:2022 (2022), ensayos de hormigón en estructuras. Parte 2: Ensayos no destructivos. Determinación del índice de rebote, encontrado en <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0069660>.

ASTM D5873-14 (2014), Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales, Método de prueba estándar para la determinación de la dureza de la roca mediante el método del martillo de rebote Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales <https://store.astm.org/d5873-14.html>.

NSR-10 título C (2010), Código de construcción sismo resistente NSR-10 en el título C, numeral C.5.6.2 Cámara Colombiana de la construcción – CAMACOL, encontrado en chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcgclclefindmkaj/https://camacol.co/sites/default/files/descargables/T%C3%ADtulo%20C%20NSR-10%20del%20Decreto%20926%20del%2019032010_0.pdf

ASTM C900-23 (2023), Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales, Método de prueba estándar para la resistencia a la extracción del hormigón endurecido, Extraído de <https://store.astm.org/c0900-23.html>.

NTC 4325:1997 (1997), Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación , Ingeniería civil y arquitectura. Método de ensayo para la determinación de la velocidad de pulso ultrasónico a través del concreto, encontrado en <https://tienda.icontec.org/gp-ntc-ingenieria-civil-y-arquitectura-metodo-de-ensayo-par-la-determinacion-de-la-velocidad-de-pulso-ultrasonico-a-traves-del-concreto-ntc4325-1997.html>.

NTC 220:2024 (2024), Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación , Ingeniería civil y arquitectura, Método de ensayo para determinar la resistencia de morteros de cemento hidráulico a la compresión, usando cubos de 50 mm (2 pulgadas) de lado, encontrado en

<https://tienda.icontec.org/gp-ntc-me-a-todo-de-ensayo-para-determinar-la-resistencia-de-morteros-de-cemento-hidre-aulico-a-la-compresie-a-n-usando-cubos-de-50-mm-2-pulgadas-de-lado-ntc220-2024.html>.

NTC 2240:2020 (2020), Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Agregado para mortero de mampostería, encontrado en <https://tienda.icontec.org/gp-agregado-para-mortero-de-mamposteria-ntc2240-2020.html>.

NTC 3329:2004 (2004), Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Concretos. Especificaciones del mortero para unidades de mampostería, encontrado en <https://tienda.icontec.org/gp-concretos-especificaciones-del-mortero-para-unidades-de-mamposteria-ntc3329-2004.html>.

Generador de precios Colombia, 22 de septiembre de 2025, demoliciones, http://www.colombia.generadordeprecios.info/obra_nueva/Demoliciones/Revestimientos_y_trasdosados/Revestimientos_continuos/DRF031_Picado_de_revoque_o_estuco_en_param_0_0_1_0_0.html.

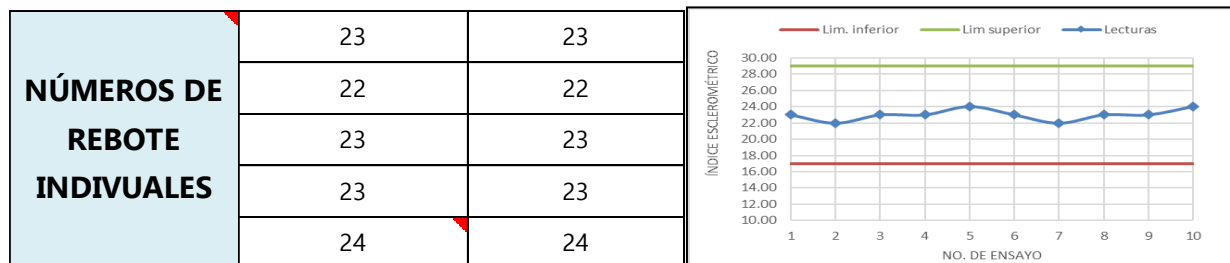
American Society for Testing and Materials, ASTM C1532:2021, Standard Practice for Selection, Removal, and Shipment of Manufactured Masonry Units and Masonry Specimens from Existing Construction, https://store.astm.org/c1532_c1532m-21.html.

Amarilo, Apartamentos en Bogotá, proyecto Coral - La Felicidad 2025, <https://amarilo.com.co/proyecto/coral-felicidad>.

Anexos

Resultados de la prueba de Esclerómetro realizada sobre mortero de revoque, pañete o repello.

Prueba N°1. Muro 1 piso 10 - 12,5 MPa (testigo 105%).

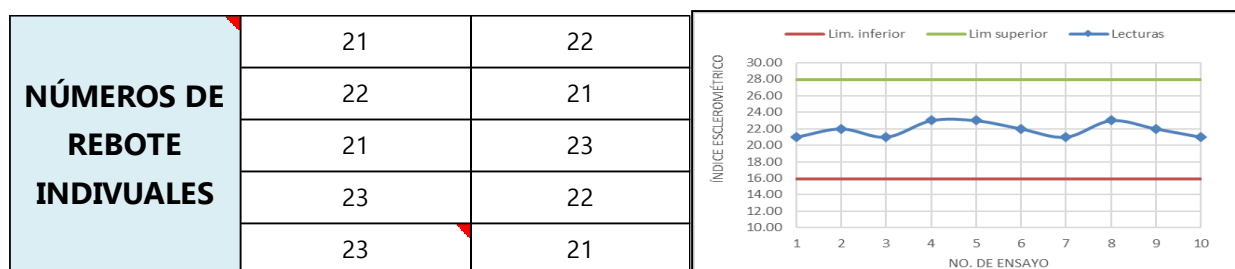


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	23
Lim. superior (xm+6s)	29.00
Lim. inferior (xm-6s)	17.00
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	23.00

Cuadro. Resultados, valor ajustado y limites, elaboración propia.

Prueba N°2. Muro 2 Piso 10.

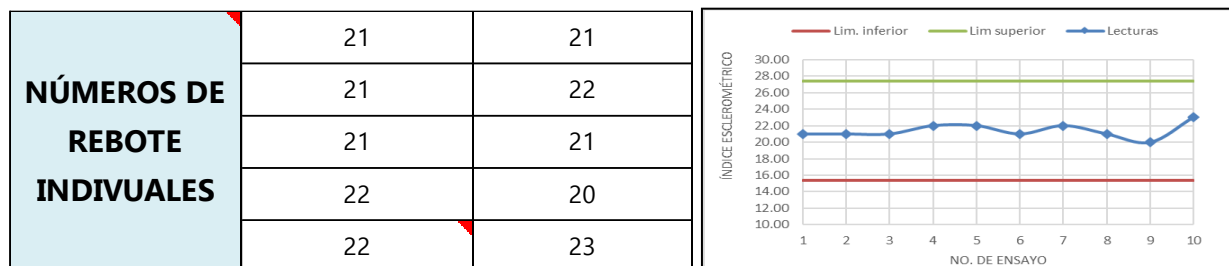


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	21.9
Lim. superior (xm+6s)	27.90
Lim. inferior (xm-6s)	15.90
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	21.90

Cuadro. Resultados, valor ajustado y limites, elaboración propia.

Prueba N°3. Muro 3 Piso 10.

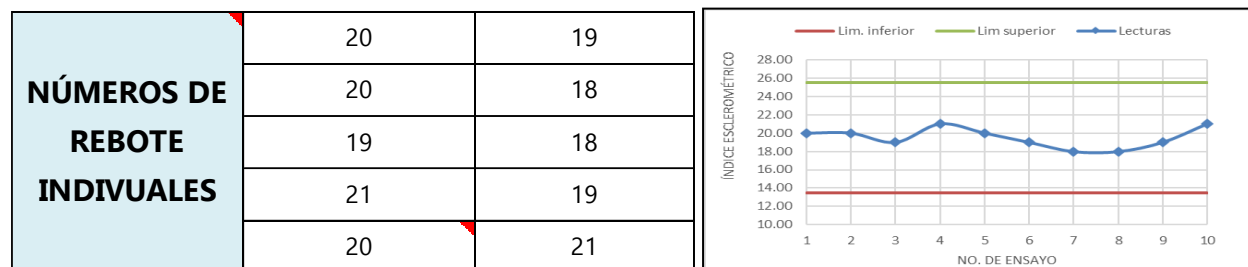


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	21.4
Lim. superior (xm+6s)	27.40
Lim. inferior (xm-6s)	15.40
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	21.40

Cuadro. Resultados, valor ajustado y límites, elaboración propia.

Prueba N°4. Muro 4 Piso 10.

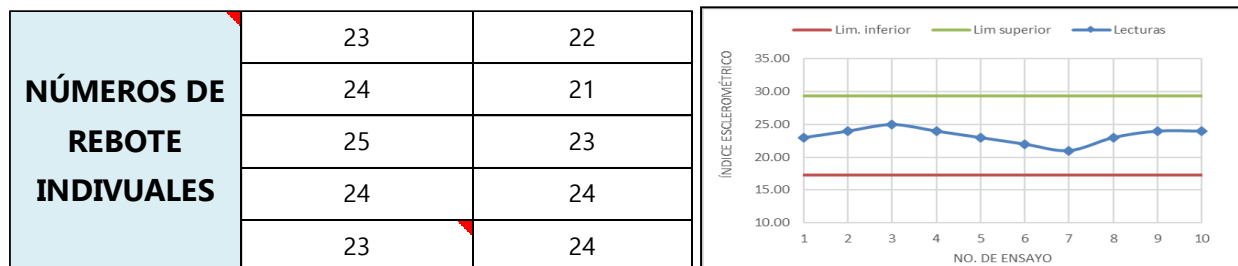


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	19.5
Lim. superior (xm+6s)	25.50
Lim. inferior (xm-6s)	13.50
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	19.50

Cuadro. Resultados, valor ajustado y límites, elaboración propia.

Prueba N°5. Muro 5 Piso 10.

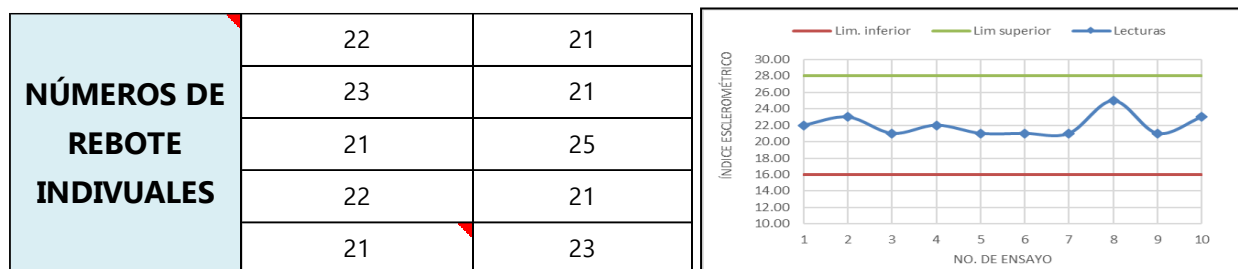


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	23.3
Lim. superior (xm+6s)	29.30
Lim. inferior (xm-6s)	17.30
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	23.30

Cuadro. Resultados, valor ajustado y límites, elaboración propia.

Prueba N°6. Muro 6 Piso 10.

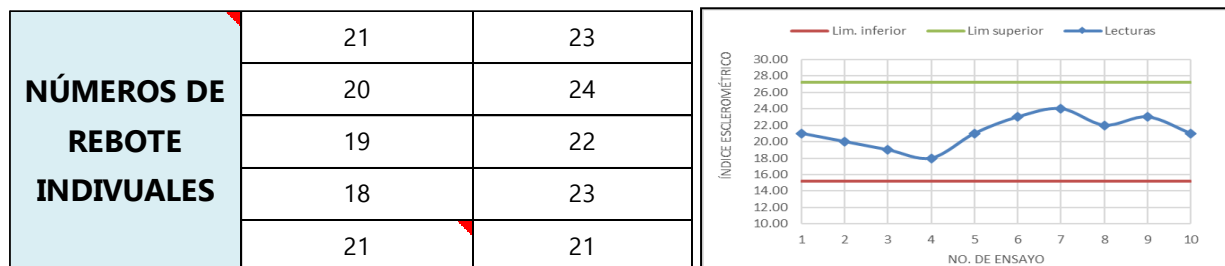


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	22
Lim. superior (xm+6s)	28.00
Lim. inferior (xm-6s)	16.00
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	22.00

Cuadro. Resultados, valor ajustado y límites, elaboración propia.

Prueba N°7. Muro 7 Piso 10.

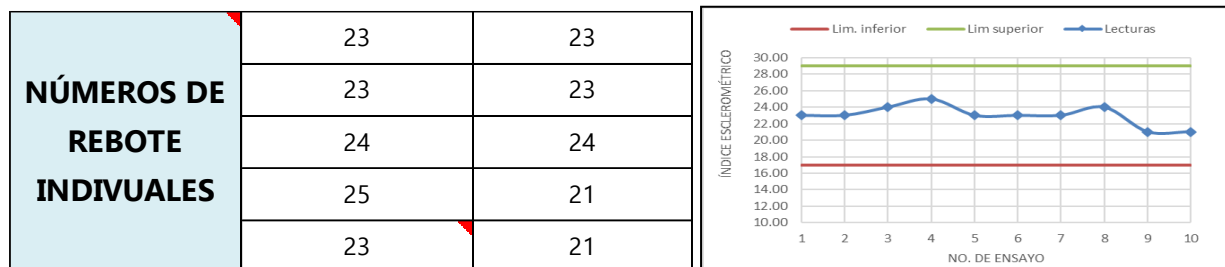


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	21.2
Lim. superior (xm+6s)	27.20
Lim. inferior (xm-6s)	15.20
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	21.20

Cuadro. Resultados, valor ajustado y límites, elaboración propia.

Prueba N°8. Muro 8 Piso 10.

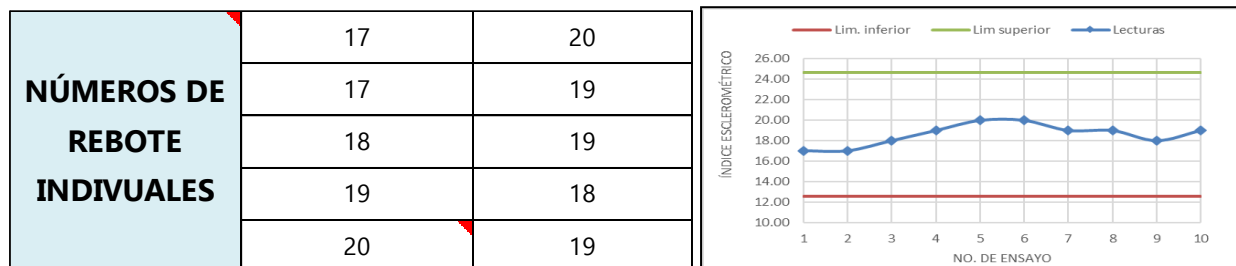


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	23
Lim. superior (xm+6s)	29.00
Lim. inferior (xm-6s)	17.00
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	23.00

Cuadro. Resultados, valor ajustado y límites, elaboración propia.

Prueba N°9. Muro 9 Piso 10.

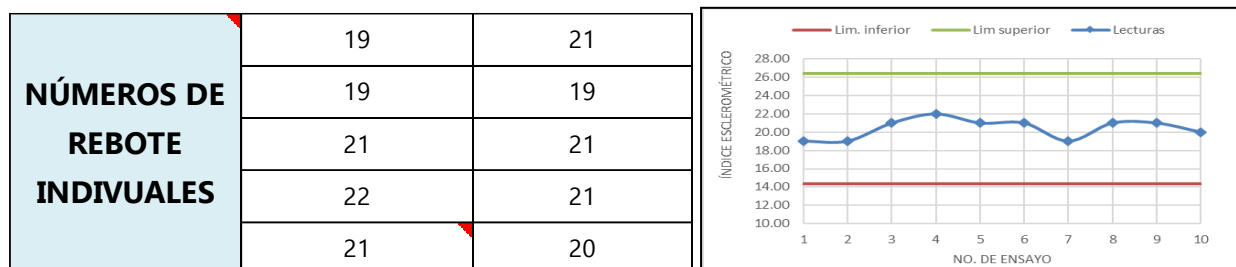


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Grafica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	18.6
Lim. superior (xm+6s)	24.60
Lim. inferior (xm-6s)	12.60
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	18.60

Cuadro. Resultados, valor ajustado y limites, elaboración propia.

Prueba N°10. Muro 10 Piso 10.

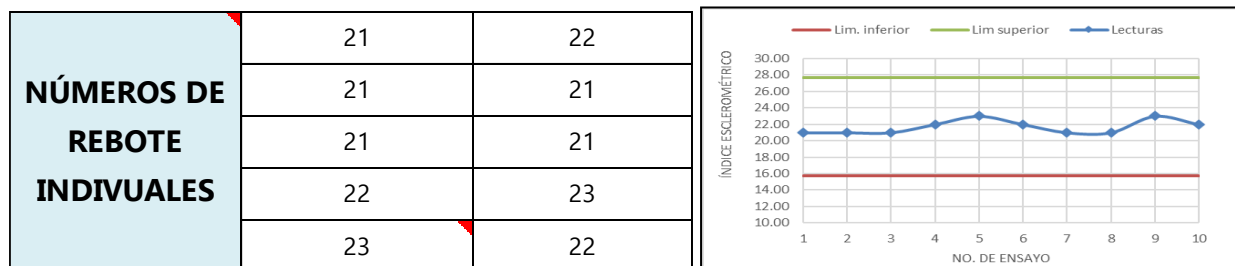


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Grafica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	20.4
Lim. superior (xm+6s)	26.40
Lim. inferior (xm-6s)	14.40
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	20.40

Cuadro. Resultados, valor ajustado y limites, elaboración propia.

Prueba N°11. Muro 11 Piso 10.

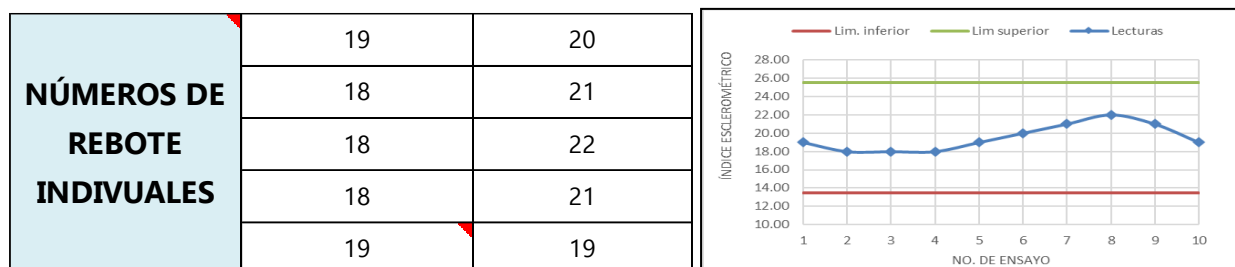


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	21.7
Lim. superior (xm+6s)	27.70
Lim. inferior (xm-6s)	15.70
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	21.70

Cuadro. Resultados, valor ajustado y limites, elaboración propia.

Prueba N°12. Muro 12 Piso 10.

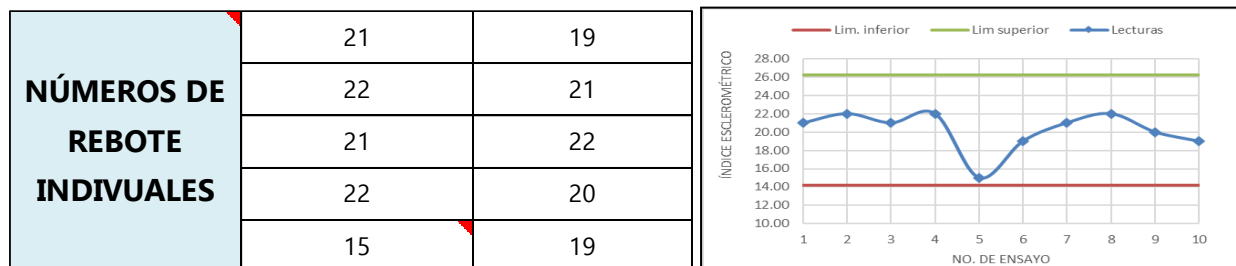


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	19.5
Lim. superior (xm+6s)	25.50
Lim. inferior (xm-6s)	13.50
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	19.50

Cuadro. Resultados, valor ajustado y limites, elaboración propia.

Prueba N°13. Muro 13 Piso 10.

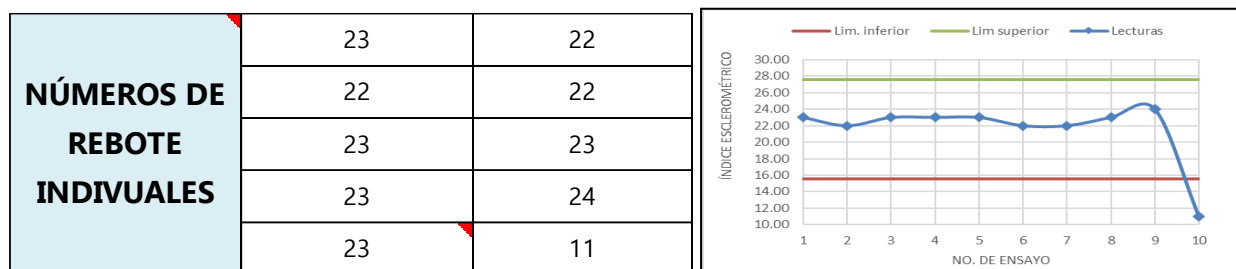


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Grafica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	20.2
Lim. superior (xm+6s)	26.20
Lim. inferior (xm-6s)	14.20
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	20.20

Cuadro. Resultados, valor ajustado y limites, elaboración propia.

Prueba N°14. Muro 14 Piso 10.

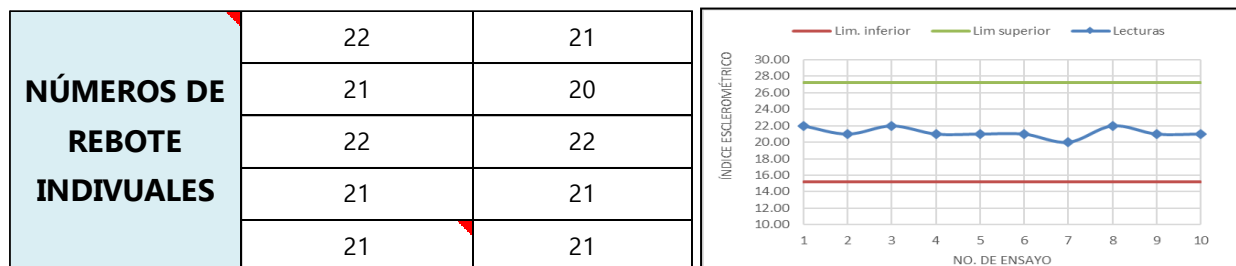


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Grafica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	21.6
Lim. superior (xm+6s)	27.60
Lim. inferior (xm-6s)	15.60
Lecturas que difieren del promedio	1
VALOR PROM. AJUSTADO	22.78

Cuadro. Resultados, valor ajustado y limites, elaboración propia.

Prueba N°15. Muro 15 Piso 10.

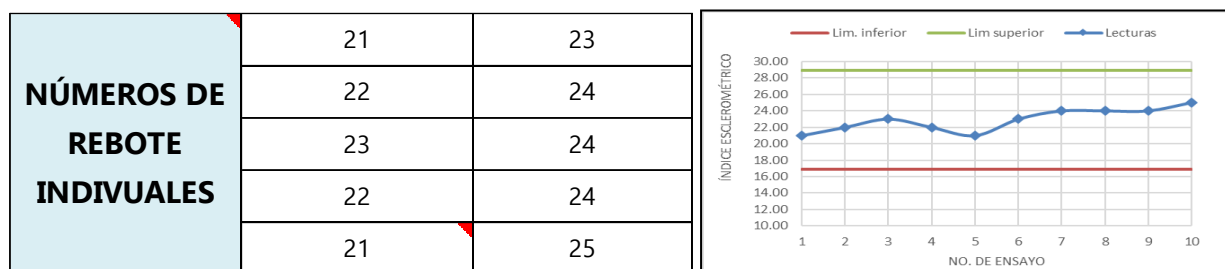


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	21.2
Lim. superior (xm+6s)	27.20
Lim. inferior (xm-6s)	15.20
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	21.20

Cuadro. Resultados, valor ajustado y limites, elaboración propia.

Prueba N°16. Muro 1 piso 11 - 12,5 MPa (testigo 109%).

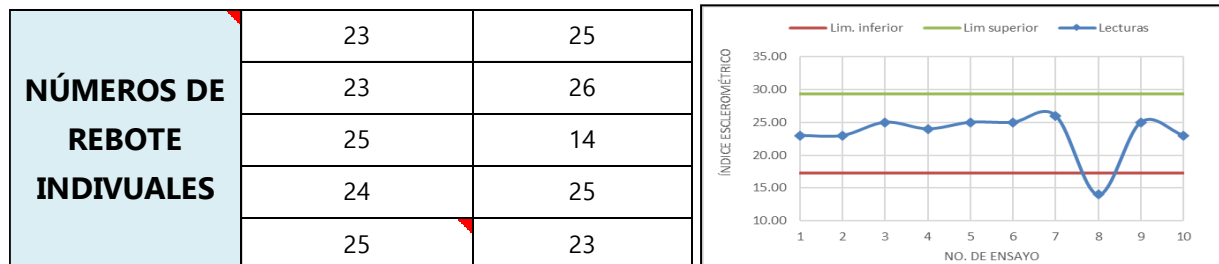


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	22.9
Lim. superior (xm+6s)	28.90
Lim. inferior (xm-6s)	16.90
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	22.90

Cuadro. Resultados, valor ajustado y limites, elaboración propia.

Prueba N°17. Muro 2 piso 11.

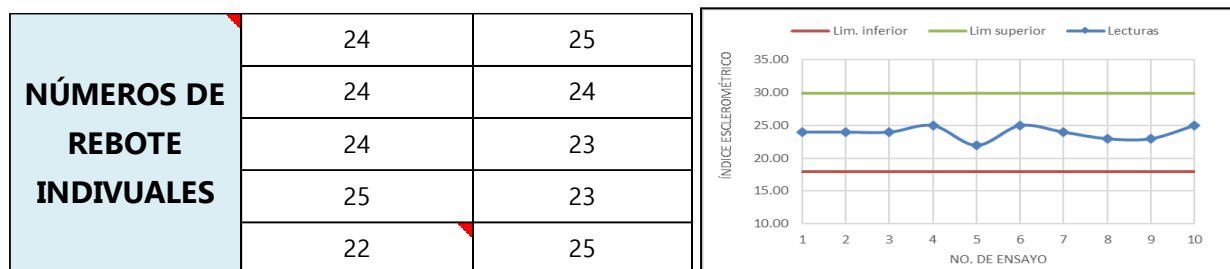


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	23.3
Lim. superior (xm+6s)	29.30
Lim. inferior (xm-6s)	17.30
Lecturas que difieren del promedio	1
VALOR PROM. AJUSTADO	24.33

Cuadro. Resultados, valor ajustado y límites, elaboración propia.

Prueba N°18. Muro 3 piso 11.

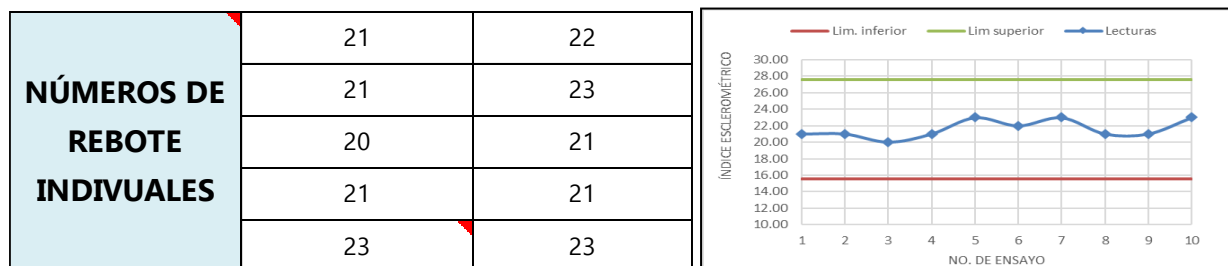


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	23.9
Lim. superior (xm+6s)	29.90
Lim. inferior (xm-6s)	17.90
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	23.90

Cuadro. Resultados, valor ajustado y límites, elaboración propia.

Prueba N°19. Muro 4 piso 11.

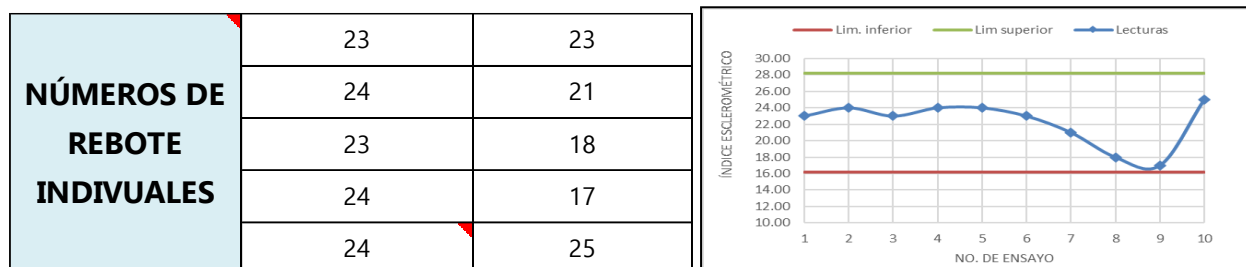


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	21.6
Lim. superior (xm+6s)	27.60
Lim. inferior (xm-6s)	15.60
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	21.60

Cuadro. Resultados, valor ajustado y límites, elaboración propia.

Prueba N°20. Muro 5 piso 11.

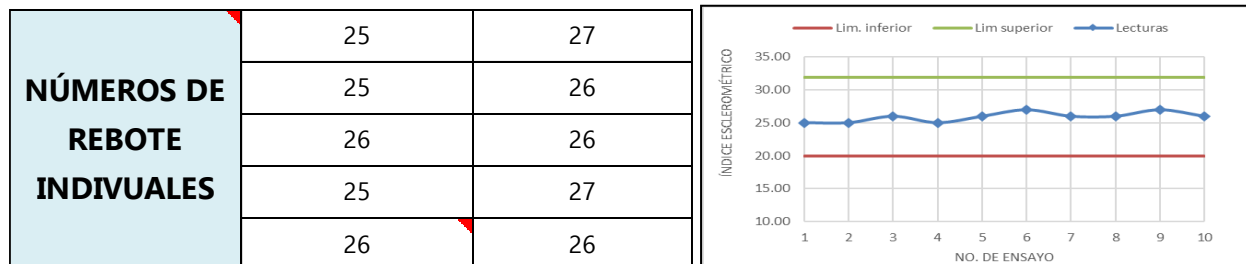


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	22.2
Lim. superior (xm+6s)	28.20
Lim. inferior (xm-6s)	16.20
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	22.20

Cuadro. Resultados, valor ajustado y límites, elaboración propia.

Prueba N°21. Muro 6 piso 11.

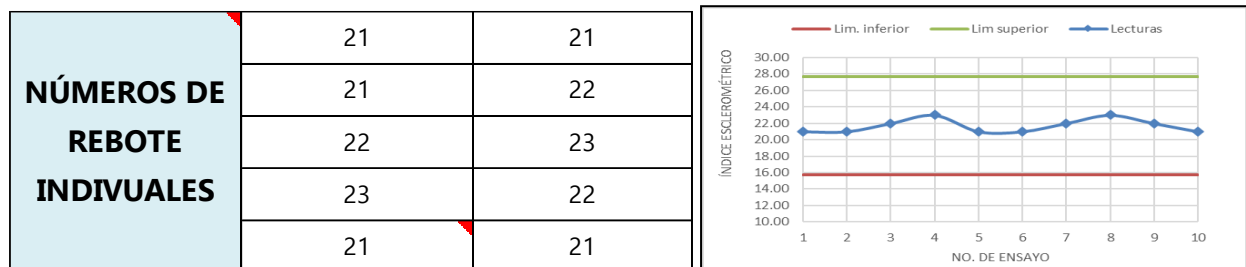


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	25.9
Lim. superior (xm+6s)	31.90
Lim. inferior (xm-6s)	19.90
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	25.90

Cuadro. Resultados, valor ajustado y límites, elaboración propia.

Prueba N°22. Muro 7 piso 11.

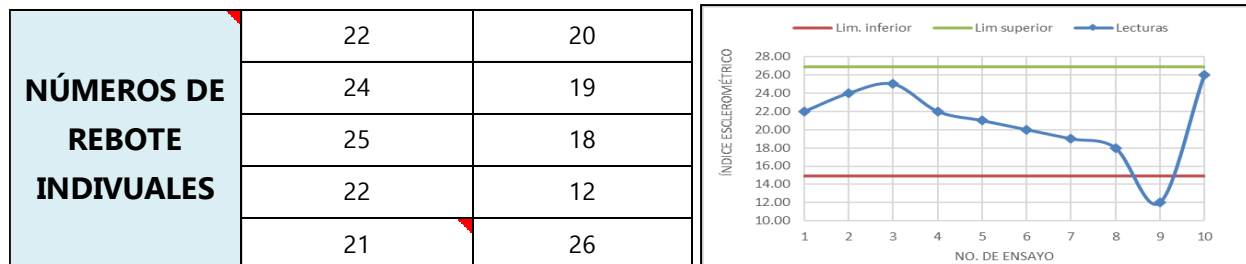


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	21.7
Lim. superior (xm+6s)	27.70
Lim. inferior (xm-6s)	15.70
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	21.70

Cuadro. Resultados, valor ajustado y límites, elaboración propia.

Prueba N°23. Muro 8 piso 11.

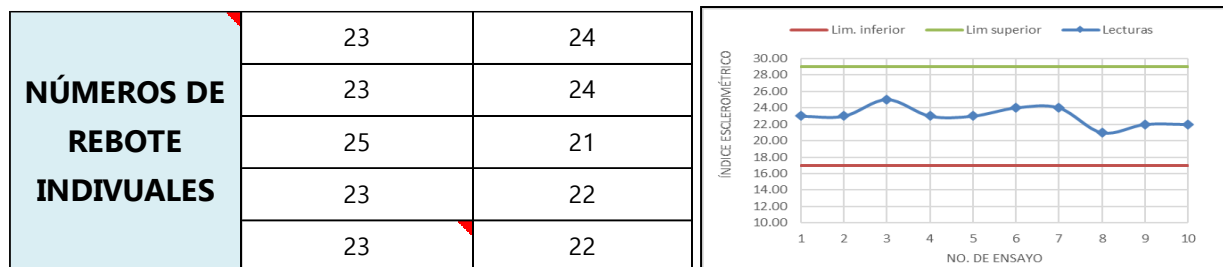


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	20.9
Lim. superior (xm+6s)	26.90
Lim. inferior (xm-6s)	14.90
Lecturas que difieren del promedio	1
VALOR PROM. AJUSTADO	21.89

Cuadro. Resultados, valor ajustado y limites, elaboración propia.

Prueba N°24. Muro 9 piso 11.

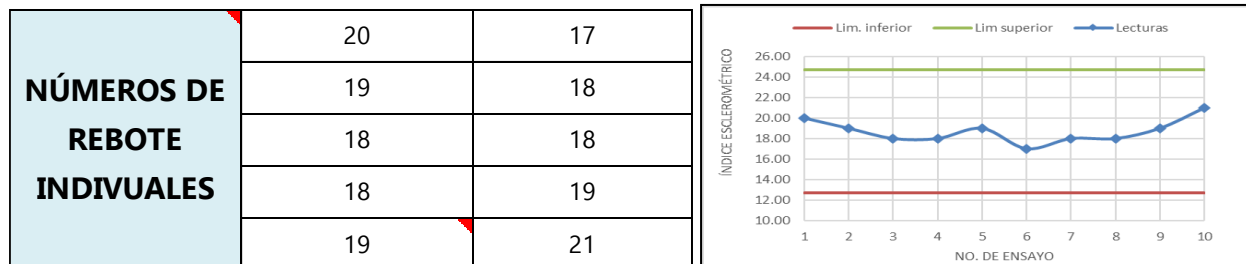


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	23
Lim. superior (xm+6s)	29.00
Lim. inferior (xm-6s)	17.00
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	23.00

Cuadro. Resultados, valor ajustado y limites, elaboración propia.

Prueba N°25. Muro 10 piso 11.

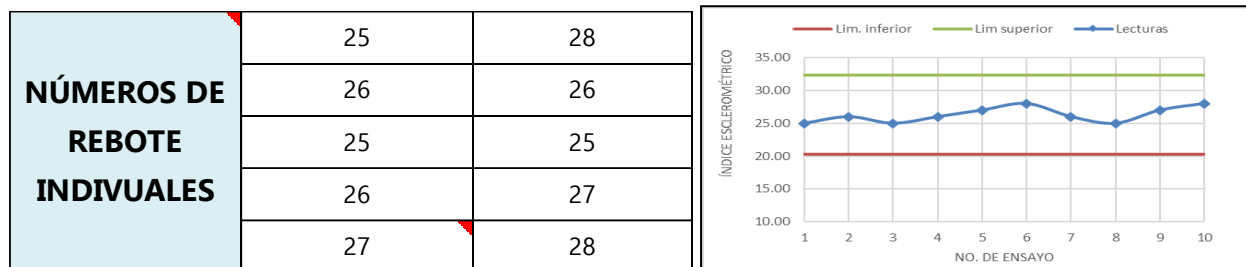


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	18.7
Lim. superior (xm+6s)	24.70
Lim. inferior (xm-6s)	12.70
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	18.70

Cuadro. Resultados, valor ajustado y limites, elaboración propia.

Prueba N°26. Muro 11 piso 11.

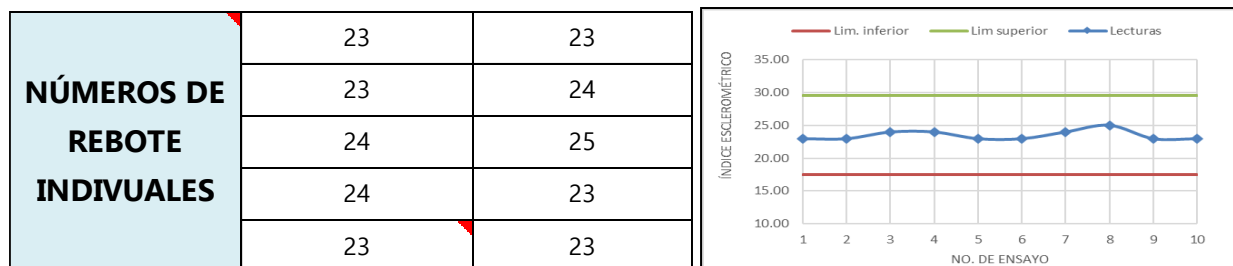


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	26.3
Lim. superior (xm+6s)	32.30
Lim. inferior (xm-6s)	20.30
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	26.30

Cuadro. Resultados, valor ajustado y limites, elaboración propia.

Prueba N°27. Muro 12 piso 11.

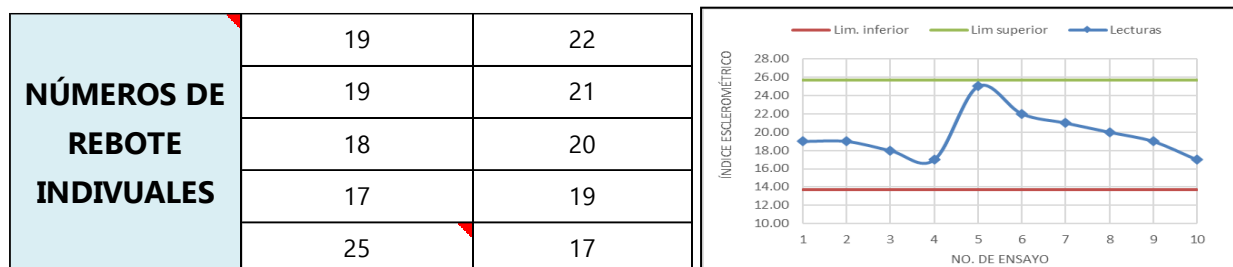


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	23.5
Lim. superior (xm+6s)	29.50
Lim. inferior (xm-6s)	17.50
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	23.50

Cuadro. Resultados, valor ajustado y limites, elaboración propia.

Prueba N°28. Muro 13 piso 11.

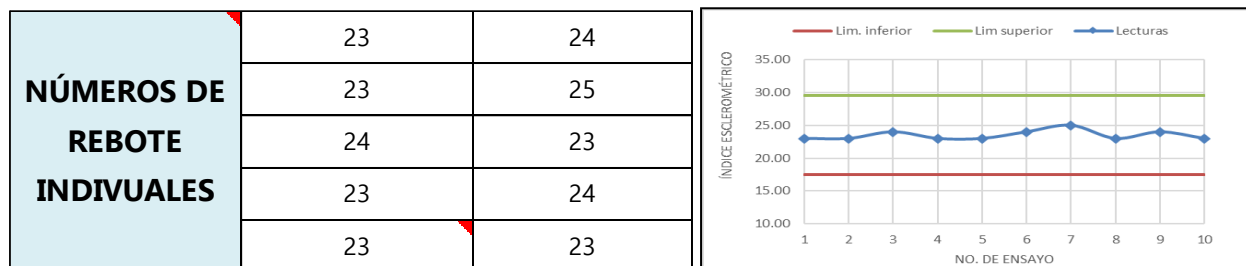


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	19.7
Lim. superior (xm+6s)	25.70
Lim. inferior (xm-6s)	13.70
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	19.70

Cuadro. Resultados, valor ajustado y limites, elaboración propia.

Prueba N°29. Muro 14 piso 11.

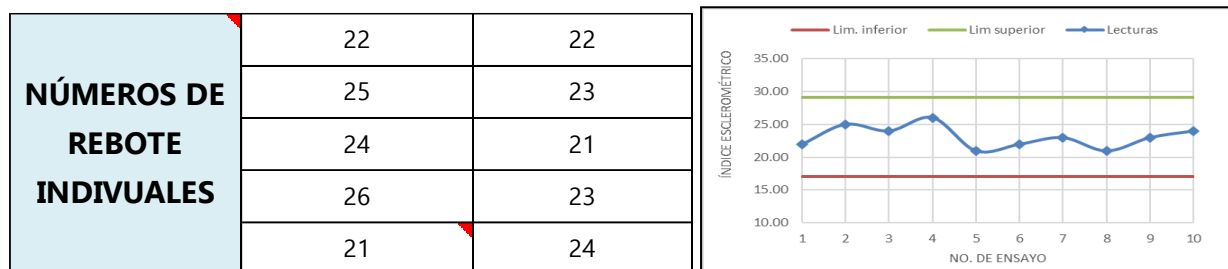


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	23.5
Lim. superior (xm+6s)	29.50
Lim. inferior (xm-6s)	17.50
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	23.50

Cuadro. Resultados, valor ajustado y límites, elaboración propia.

Prueba N°30. Muro 15 piso 11.

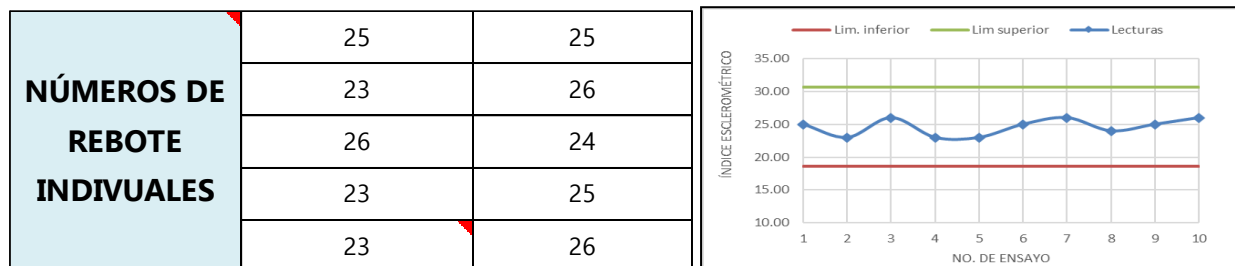


Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio (xm)	23.1
Lim. superior (xm+6s)	29.10
Lim. inferior (xm-6s)	17.10
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	23.10

Cuadro. Resultados, valor ajustado y límites, elaboración propia.

Prueba N°31. Muro 16 piso 11.



Cuadro. número de rebotes, elaboración propia. Gráfica. índice vs número de ensayo, elaboración propia.

RESULTADOS	
Promedio ($\bar{x}_m$)	24.6
Lim. superior ($\bar{x}_m + 6s$)	30.60
Lim. inferior ($\bar{x}_m - 6s$)	18.60
Lecturas que difieren del promedio	0
VALOR PROM. AJUSTADO	24.60

Cuadro. Resultados, valor ajustado y límites, elaboración propia.