

Evaluation of the physical and mechanical properties of concrete reinforced with 0,5% bamboo fiber, using the sclerometer and the compression resistance test

Bazán Velarde, Albhert Leonardo¹, Cruzado Ucañan, José Rodrigo², Carrión Rabanal, Katia Nataly, Ing³

^{1,3}Univesidad Privada del Norte, Perú, N00285784@upn.pe, katia.carrion@upn.edu.pe.

²Universidad Privada del Norte, Perú, N00290479upn.pe

Abstract: In this research we study the compressive strength, as well as a sclerometry evaluation of concrete reinforced by the addition of 0,5% bamboo fiber. For this, 6 cylindrical specimens were made, classifying them into: pattern concrete and concrete reinforced with 0,5% bamboo fiber. The results obtained in the compression test are, in the pattern concrete an average resistance of 368,922 Kg/cm² and in the concrete reinforced with 0,5% bamboo fiber an average resistance of 390,830 Kg/cm²; For the sclerometry test, the results were 352,652 Kg/cm² for the pattern concrete and 422,637 Kg/cm² for the fiber-reinforced concrete. These results show a correlation between the presence of bamboo fibers and improvements in both surface hardness and compression resistance, as well as the improvement of physical properties such as preventing cracking. In conclusion, we demonstrate that adding 0,5% bamboo fiber to the concrete mix will increase its compressive strength by 5,6% compared to traditional concrete; Likewise, it will be less workable, but with improvements by avoiding cracking due to contraction.

Keywords: bamboo, fiber, sclerometry. compression resistance

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto reforzado con 0,5% de fibra de bambú, haciendo uso del esclerómetro y el ensayo de resistencia a la compresión

Bazán Velarde, Alhert Leonardo¹, Cruzado Ucañan, José Rodrigo², Carrión Rabanal, Katia Nataly, Ing³

^{1,3}Univesidad Privada del Norte, Perú, N00285784@upn.pe, katia.carrion@upn.edu.pe.

²Universidad Privada del Norte, Perú, N00290479upn.pe

Resumen: *En esta investigación estudiamos la resistencia a la compresión, como también una evaluación de esclerometría del concreto reforzado mediante la adición de un 0,5% de fibra de bambú. Para ello, se elaboró 6 probetas cilíndricas, clasificándolas en: concreto patrón y concreto reforzado con un 0,5% de fibra de bambú. Los resultados obtenidos en el ensayo a compresión son, en el concreto patrón una resistencia promedio de 368,922 Kg/cm² y en el concreto reforzado con 0,5% de fibra de bambú una resistencia promedio de 390,830 Kg/cm²; para el ensayo de esclerometría los resultados fueron de 352,652 Kg/cm² para el concreto patrón y de 422,637Kg/cm² para el concreto reforzado con fibra. Estos resultados muestran una correlación entre la presencia de fibras de bambú y mejoras tanto en la dureza superficial como en la resistencia a la compresión, así mismo en la mejora de propiedades físicas como la de evitar la fisuración. En conclusión, demostramos que adicionar 0,5% de fibra de bambú a la mezcla de concreto, este aumentará su resistencia a la compresión en un 5,6% comparado al concreto tradicional; así mismo será menos trabajable, pero con mejoras al evitar el fisuramiento por contracción.*

Palabras clave: bambú, fibra, esclerometría, resistencia a la compresión.

I. INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción constituye uno de los ejes principales en la economía y el desarrollo de un país, en relación con ello se encuentra el aumento en la utilización de materiales alternativos, dentro del marco de lo que, en la actualidad se denomina “desarrollo sostenible”. El concreto [1] es uno de los materiales de mayor crecimiento en los últimos años y debido a los avances científicos tiene una amplia gama de aplicaciones, por lo que se ha convertido en uno de los materiales de construcción más utilizados en el campo de la ingeniería civil. Además, Santillán, L. en su investigación titulada “Concreto reforzado con fibras aporta beneficios a la construcción” dice que, a lo largo de los años se han realizado estudios y experimentos encaminados a combinar el concreto con diversos materiales como vidrio, acero, piedra, fibras naturales vegetales como el bambú, este es muy importante como elemento constructivo por su alta resistencia, flexibilidad y fácil manejo, para disminuir el agrietamiento en el concreto [2]. Por otro lado, las fibras se han utilizado como material de construcción desde la antigüedad, materiales como pasto, hilo e

incluso, los pelos de caballo, cuyo propósito era de evitar la fisuración. Según, el ACI 544.1R-96. “Uno de los principales beneficios que se puede obtener mediante el uso de fibras es el control del agrietamiento” [3].

En Perú el sector de la construcción es el que más crecimiento ha tenido, lo cual implica mejorar los métodos, técnicas y materiales para que así se siga desarrollando de manera más productiva y eficiente, siendo más exigentes con el control de calidad. Según Dans, V, et, al. “El bambú es un material estructural empleado para construcción sostenible, siendo una de las más sobresalientes en las edificaciones populares”. Por lo tanto, las fibras proporcionan al concreto la ductilidad necesaria para absorber grandes cantidades de energía [4].

El bambú se ha utilizado a lo largo de la historia no sólo por su resistencia sino también por sus numerosos beneficios medioambientales. Martín, A. en su tesis nos dice que, Es una planta natural con muchos usos. La madera es de color verde cuando se corta y de color amarillo a marrón cuando se seca. Asimismo, posee una gran resistencia a la compresión y a la tracción, ligeramente más baja que el acero. Además, se le considera un material sostenible para cualquier tipo de estructura. Por otro lado, el concreto es un material que por sí solo es de alta durabilidad en el tiempo, el cual es utilizado en diferentes áreas de la construcción [5].

Villanueva, L. en su tesis titulada “Propiedades mecánicas del concreto $f'c=280$ kg/cm² con adición de fibras de Bambú en 2%, 4% Y 6%, Chimbote, Ancash - 2019”, concluye que los resultados al incluir un 4% de fibras de bambú son favorables, con una resistencia a la compresión de 297 Kg/cm², superando el diseño previsto de 280 kg/cm² [6].

Esta investigación se realiza con la finalidad de analizar o conocer si al adicionar fibra de bambú al concreto, mejora la resistencia a la compresión o reduce el agrietamiento del concreto, en este contexto, la esclerometría se presenta como una técnica de ensayo no destructiva para evaluar la resistencia del concreto, esta propuesta que damos a conocer busca dar una solución ecológica al problema de las propiedades mecánicas del concreto, ya que es un material renovable disponible y

relativamente barato en comparación con los productos manufacturados, los plásticos y los metales, los cuales generan contaminación por tener una larga vida de degradación. Por lo tanto, se está realizando 6 muestras de las cuales 3 de ellas tienen fibra de bambú y 3 no tienen, para que de esa forma podamos observar cual es la más recomendable para las diferentes estructuras realizadas en el área de la construcción civil.

El estudio tiene como objetivo comparar y analizar las propiedades físicas y mecánicas del concreto tradicional con concreto modificado mediante la adición de 0,5% de fibras de bambú, para ello se realizarán ensayos de resistencia a la compresión y esclerometría de las muestras hechas en el laboratorio.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente artículo científico, se realizó la comparación de la propiedad mecánica, la resistencia a la compresión de probetas de concreto normal y probetas de concreto con adición de fibras de bambú en un 0,5%.

La investigación se rigió en base a lo establecido según la normativa vigente E.060 “Concreto Armado”, para el desarrollo de los ensayos del concreto en estado fresco (Temperatura y Ensayo de Asentamiento) y concreto en estado endurecido (Resistencia a la compresión NTP 339.034 / ASTM C 39 y Esclerometría NTP 339.181 / ASTM C 805).

El cemento es el componente fundamental en la elaboración de concreto, al hidratarse con agua, actúa como el material adherente dentro de la mezcla. Siendo el material más empleado en construcción en el mundo. [7] Es un material de construcción compuesto por la mezcla de caliza, silicatos de calcio y arcilla molida muy fina que, mezclado con agua, crea una pasta que endurece y fragua rápido, aportando dureza y alta resistencia a la compresión. Según las Normas Técnicas Peruana (NTP), específicamente la NTP 334.009 (Cementos Portland. Requisitos). Existen 5 diferentes tipos de Cementos según los requisitos necesitados en obra. El cemento empleado en la presente investigación fue el de Tipo I (uso general) [8] Apropiado para todos los usos donde no se requiere las propiedades específicas de otros cementos. Su empleo en concreto incluye pavimentos, pisos, puentes, tanques, embalses, tuberías, unidades de mampostería y productos de concreto prefabricado entre otras cosas.

La incorporación de agregados finos y grueso abarca un papel fundamental en la elaboración de la mezcla del concreto, ya que son materiales componentes que mejoran las propiedades del concreto. Los finos tienen importancia en la manejabilidad de la mezcla mientras que el agregado grueso aporta resistencia.

El bambú, conocido por su nombre científico Guadua

angustifolia, se caracteriza por su rápido crecimiento y por ser una de las plantas más versátiles y sostenibles del mundo. Al presentarse como una alternativa ante materiales más costosos, su uso se extiende cada vez más en el sector constructivo. [9] Las propiedades antisísmicas, han contribuido a valorizar este material desde el punto de vista estructural.

2.1. Esquema De Pasos Para La Elaboración De Probetas De Concreto (Con Y Sin Adición De Fibra De Bambú)

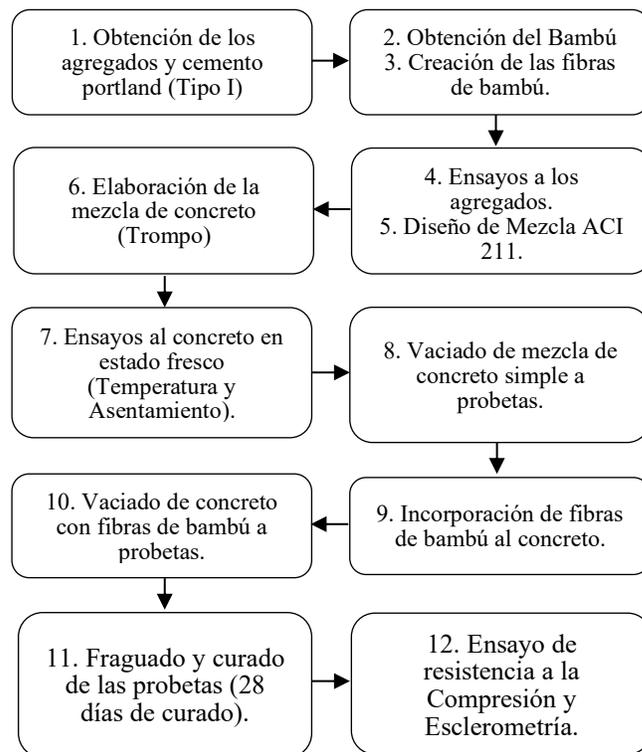


Fig. 1 Etapas del desarrollo de la investigación

1. Obtención de los agregados y cemento portland (Tipo I):

El agregado grueso y el agregado fino se obtuvo de la cantera “Juan sin miedo” de la ciudad de Cajamarca. El cemento empleado fue de TIPO I (NTP 334.009:2020), para uso general y se obtuvo de una ferretería local.

2. Obtención del Bambú: La muestra de bambú que se empleó, fue obtenida de un vendedor local ubicado en Cajamarca, Barrio Huacaríz. Se utilizó tubos de bambúes secos (aproximado de 2 años) de 6 metros de largo.

3. Creación de las fibras de bambú: Para la obtención de la fibra de bambú, se cortó el material en pequeñas muestras y luego fue cortado en pequeñas fibras de 80 mm de largo y de sección transversal aproximadamente de 1 mm x 2 mm [10].

4. Ensayos a los agregados: Se realizaron los ensayos de agregados para conocer las propiedades de estos. La Granulometría de los agregados se realizó según la NTP 400.012:2001. Para el Contenido de Humedad de Agregados se empleó la NTP 339.185: 2002. Para el Peso Específico y Absorción del Agregado Fino se empleó la NTP 400.022. Para el Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso según la NTP 400.021 y por último para el Peso Unitario del Agregado Fino y del Agregado Grueso se realizó según la NTP 400.017. Todos estos ensayos fueron realizados en el laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte.

5. Diseño de Mezcla ACI 211: Para el cálculo de las cantidades exactas de los materiales según el número de probetas a realizar, se empleó el Diseño de Mezcla ACI 211.1, considerando un $f'c$ de 350 kg/cm² y una consistencia fluida.

6. Elaboración de la mezcla de concreto: En esta etapa se elaboró la mezcla total de concreto para las seis probetas provistas. Se utilizaron las cantidades exactas, que se calcularon anteriormente en el diseño de mezcla. La mezcla de todos los materiales se realizó con ayuda del equipo de laboratorio, el trompo para concreto. Se incorporó primero el agregado Fino con una cantidad de 12,50 kg, luego se añadió 16 kg de agregado grueso, para el cemento la cantidad que se consideró fue de 10,60 kg y se le añadió 4,6 L de agua. Se encendió el equipo y se lo dejó trabajar, hasta que se observó el concreto listo, una mezcla uniforme de todos los materiales. Fue vaciada en una carretilla, para luego realizarle los ensayos requeridos.

7. Ensayos al concreto en estado fresco: Los ensayos que se realizaron al concreto en su estado fresco fueron dos. Para el de Temperatura se realizó siguiendo los lineamientos indicados en la NTP 339.184 / ASTM C1064, donde se empleó como equipo de medición un termómetro. Para el ensayo de Asentamiento se empleó la NTP 339.035/ ASTM C143, se usó el cono de Abrams con la barra compactadora y un instrumento de medida. Ambos ensayos fueron realizados en el laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte.

8. Vaciado de mezcla de concreto simple a probetas: Para el vaciado del concreto sin adición de fibras de bambú, se empleó 3 moldes cilíndricos con las mismas medidas estándar (6''x 12'' o 150 x 300mm) los cuales fueron engrasados con aceite. El concreto se depositó en cada probeta en 3 capas, con 25 varilladas cada una y algunos golpes aleatoriamente con el mazo de goma, lo que permitió la eliminación de ciertas burbujas de aire dentro de los especímenes. Cuando se llegó a la parte superior del molde, se engrasó con la varilla compactadora, finalmente se le agregó la descripción necesaria (Para la enumeración se nombró como 1, 2, 3 a cada probeta) que se empleó posteriormente en su identificación. Se realizó el mismo proceso en las 3 muestras.

9. Incorporación de fibras de bambú al concreto: Se empleó la mezcla que restó del anterior procedimiento para la elaboración de las 3 probetas con la adición de fibras de bambú. Se le incorporó el 0,5% de las fibras de bambú a la mezcla lista, se revolvió hasta que se obtuvo una mezcla uniforme.

10. Vaciado de concreto con fibras de bambú a probetas: Para el vaciado de esta mezcla, se siguió el mismo proceso de vaciado de concreto sin adición. Se engrasó cada molde, se vació el concreto en 3 capas, se varilló 25 por cada una y se le adicionó golpes suaves con el mazo de goma en la parte externa del molde, luego se engrasó y añadió la descripción correspondiente (Para la enumeración se nombró como 1', 2', 3' a cada probeta).

11. Fraguado y curado de las probetas: Las seis probetas fueron ubicadas en una superficie plana. Luego de que la mezcla fraguó (durante 24 horas), se realizó el proceso de desencofrado y se volvió a marcar cada muestra para su identificación posterior. Finalmente se colocaron todas las muestras dentro de la piscina con agua, en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte. El proceso de curado tuvo un tiempo de 28 días exactos desde su desencofrado.

12. Ensayo de resistencia a la Compresión y Esclerometría: El primer ensayo que se realizó a cada probeta fue el de tipo no destructivo. El método de ensayo para determinar el número de rebote del concreto endurecido o llamado Esclerometría, para este se siguió los lineamientos indicados en la NTP 339.181 / ASTM C 805. Para el segundo y último ensayo se realizó el Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas y se siguió los lineamientos indicados en la NTP 339.034 / ASTM C 39.

Los valores que se obtuvieron durante todo el proceso experimental realizado en laboratorio fueron registrados en diferentes hojas de cálculo y tablas. Los valores fueron empleados posteriormente en gabinete, donde se realizó el análisis correspondiente.

III. RESULTADOS

3.1. Propiedades de los agregados.

La tabla 1 muestra los resultados obtenidos de los ensayos realizados al agregado fino y grueso que serán utilizados para la elaboración del concreto, el cual fue derivado de la cantera “Juan sin miedo”.

TABLA 1
PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

| Ensayo | Propiedad | Resultado |
|---------------------------------|------------------|-----------|
| Granulometría agregado fino | Módulo de finura | 2,99 |
| Granulometría agregado grueso | T.M | 1” |
| | T.M. N | 3/4” |
| Contenido de humedad | A. F | 1,63% |
| | A. G | 0,80% |
| Absorción | A. F | 3,87% |
| | A. G | 1,83% |
| Peso específico agregado fino | PeM | 2.502,44 |
| Peso específico agregado grueso | PeM | 2.479,32 |
| Peso unitario agregado fino | PUSS | 1.521,743 |
| | PUSC | 1.640,588 |
| Peso unitario agregado grueso | PUSS | 1.273,717 |
| | PUSC | 1.377,061 |

3.2. Diseño de mezcla ACI.

En la siguiente tabla (Tabla 2) se muestra la dosificación, de materiales utilizada para la realización de probetas patrón, estos pesos fueron conseguidos mediante el método de diseño de mezcla ACI. El diseño fue realizado para un $f'c$ de 350 kg/cm² con una consistencia fluida. Se considero 20 % de desperdicio.

TABLA 2
DOSIFICACIÓN DE LOS MATERIALES PARA TRES PROBETAS PATRÓN

| Material | Cantidad |
|-------------------------|-----------|
| Cemento MS (ASTM C1157) | 10,436 kg |
| Agua | 4,560 L |
| Agregado fino | 12,455 kg |
| Agregado grueso | 15,922 kg |

Para la elaboración de probetas modificadas con 0,5% de fibra de bambú, se utilizaron las mismas dosificaciones de cemento, agregado fino y grueso, en cuanto al agua, se utilizó 4,790 litros. Para hallar la dosificación de bambú se multiplico el peso tanda por el 0,5% de adición, lo que nos dio 0,181 kg.

TABLA 3
DOSIFICACIÓN DE LOS MATERIALES PARA TRES PROBETAS MODIFICADAS

| Material | Cantidad |
|-------------------------|-----------|
| Cemento MS (ASTM C1157) | 10,436 kg |
| Agua | 4,790 L |
| Agregado fino | 12,455 kg |
| Agregado grueso | 15,922 kg |
| Fibra de bambú | 0,181 kg |

3.3. Propiedad del concreto en estado fresco.

En la siguiente tabla (Tabla 4) se muestran los resultados obtenidos al realizar los ensayos de slump y temperatura a las dos mezclas de concreto.

TABLA 4
SLUMP Y TEMPERATURA DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO

| Descripción | Slump (pulg.) | Temperatura (C°) |
|---------------------------------------------------------------------|---------------|------------------|
| Mezcla de concreto patrón. | 6,2” | 21,2° |
| Mezcla de concreto modificado con 0,5% de adición de fibra de bambú | 5,2” | 20,9° |

En la tabla anterior se puede observar que la adición de fibra de bambú, a la mezcla de concreto, hace que esta reduzca su trabajabilidad o asentamiento.

3.4. Resistencia a la compresión de las probetas patrón.

En la siguiente tabla (Tabla 5) se muestra los resultados obtenidos al realizar el ensayo de resistencia a la compresión a las probetas patrón a los 28 días de curado.

TABLA 5
RESISTENCIA MÁXIMA PROMEDIO DE LAS PROBETAS PATRÓN

| Descripción | Edad (días) | Resistencia a la compresión (Kg/cm ²) | f'c Promedio (Kg/cm ²) |
|------------------|-------------|---------------------------------------------------|------------------------------------|
| PROB_PAT01_35_G4 | 28 | 365,177 | 368,922 |
| PROB_PAT02_35_G4 | | 370,025 | |
| PROB_PAT03_35_G4 | | 371,565 | |

3.5. Resistencia a la compresión de las probetas modificadas.

En la tabla 6 se muestra los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a las probetas modificadas con adición de 0,5% de fibra de bambú, a los 28 días de curado.

TABLA 6
RESISTENCIA MÁXIMA PROMEDIO DE LAS PROBETAS MODIFICADAS

| Descripción | Edad (días) | Resistencia a la compresión (Kg/cm ²) | f'c Promedio (Kg/Cm ²) |
|-------------------|-------------|---------------------------------------------------|------------------------------------|
| PROB_FIBRA1_35_G4 | 28 | 395,604 | 390,830 |
| PROB_FIBRA2_35_G4 | | 386,158 | |
| PROB_FIBRA3_35_G4 | | 390,729 | |

En las tablas anteriores (de resistencia a la compresión) se observa que las resistencias a la compresión del concreto patrón fueron de 365,177, 370,025 y 371,565 kg/cm², Y del concreto modificado con 0,5% de adición de fibra de bambú fue de 395,604, 386,158 y 390,729 kg/cm², ambas tandas con 28 días de curado.

Lo que se muestra en la Grafica 2 es el resumen de los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión de las probetas de concreto patrón y modificado.

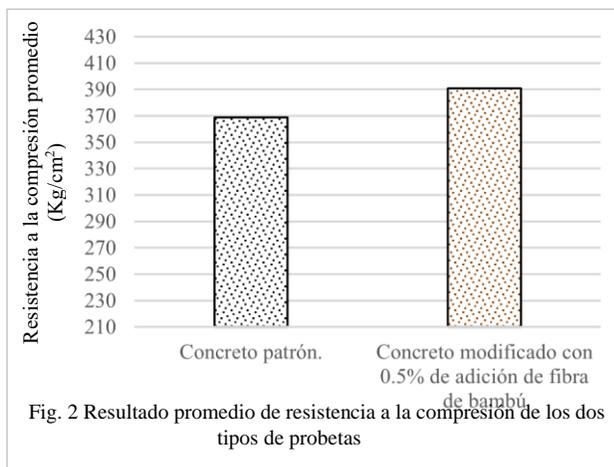


Fig. 2 Resultado promedio de resistencia a la compresión de los dos tipos de probetas

3.6. Esclerometría.

En la siguiente tabla (Tabla 7) se muestra los resultados obtenidos al realizar el ensayo de esclerometría a las probetas patrón y modificadas a los 28 días de curado. El ensayo fue realizado posicionando el esclerómetro en una inclinación de -90° .

TABLA 7
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON ESCLERÓMETRO

| Descripción | Edad (días) | Resistencia a la compresión (Kg/cm ²) | f'c Promedio (Kg/cm ²) |
|-------------------|-------------|---------------------------------------------------|------------------------------------|
| PROB_PAT01_35_G4 | 28 | 357,288 | 352,652 |
| PROB_PAT02_35_G4 | | 352,299 | |
| PROB_PAT03_35_G4 | | 348,367 | |
| PROB_FIBRA1_35_G4 | 28 | 425,805 | 422,637 |
| PROB_FIBRA2_35_G4 | | 402,887 | |
| PROB_FIBRA3_35_G4 | | 439,220 | |

En la siguiente grafica (Grafica 3) se muestra los resultados promedio resultantes del ensayo de esclerometría, donde se podrá apreciar la diferencia de resistencia entre los 2 tipos de concreto.

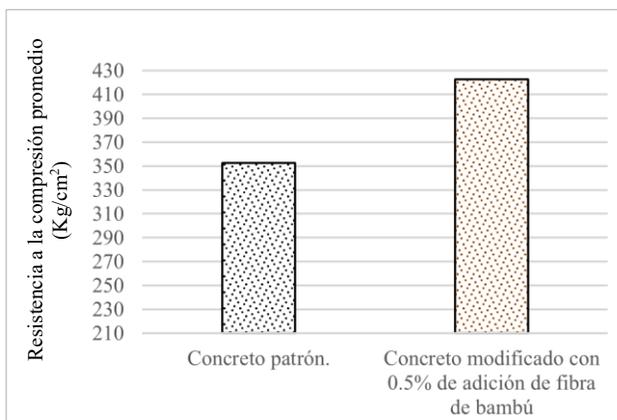


Fig. 3 Resultado de resistencia promedio con esclerómetro

A continuación, se muestra la figura 4 que compara las 2 graficas índice de rebote vs Resistencia del concreto de distinto tipo (Concreto patrón y modificado con 0,5% de adición de fibra de bambú).

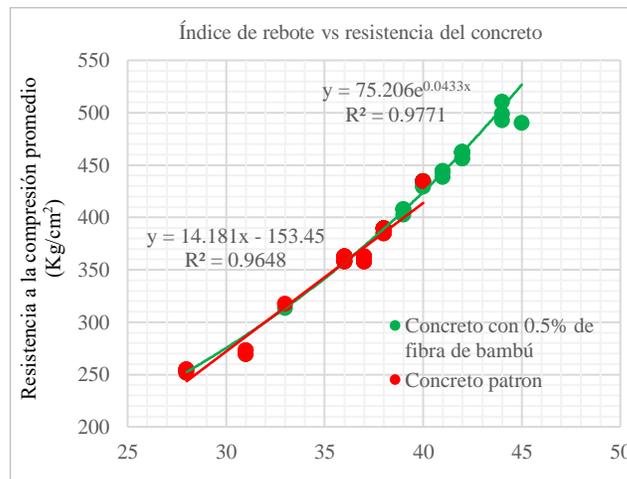


Fig. 4 Gráfico comparativo de índice de rebote vs resistencia del concreto de distinto tipo a 28 días de edad

IV. DISCUSIONES

De la elaboración del concreto, se encontró que la trabajabilidad del concreto fresco disminuye con la adición de fibra, lo que coincide con la adición de fibra en el concreto en investigaciones anteriores de Jong-Han Lee [11] y Remayanti [12]. Esta reducción está influenciada por el factor de forma de las fibras, la fracción volumétrica añadida, la mezcla de hormigón, la adhesión de las fibras a la matriz y la absorción de la fibra [13].

En referencia a las propiedades mecánicas del concreto con adición de 0,5% de fibras de bambú notamos que hay una mejora de su resistencia a la compresión referente a los testigos patrón de un 5,6 %. Estos resultados son consistentes con hallazgos previos de Villanueva y Hamilton [6], quienes obtuvieron una resistencia a la compresión de 291 kg/cm² para probetas con adición de 2% de fibra de bambú a los 28 días, mientras que sus probetas patrón llegaron a 281 kg/cm² para un diseño f'c de 280 kg/cm², mostrando una mejora de un 3,4 %. Contrastando los porcentajes de mejora de resistencias se destaca que el aumento del porcentaje de fibras de bambú no sigue una relación directamente proporcional con la resistencia a compresión del concreto.

Otro estudio [14] también corroboró nuestras observaciones, evidenciando un incremento en la resistencia a la compresión. Los resultados indican que la resistencia inicial de 334,46 kg/cm², sin contenido de fibra, se eleva a un máximo de 418,08 kg/cm² con una concentración del 1% de fibra, representando así una mejora porcentual del 20%. Sin embargo, el estudio

señala una tendencia decreciente en la resistencia a partir de un contenido de fibra superior al 1%.

La resistencia a compresión superior obtenida del concreto con fibra de bambú pudo deberse al mecanismo propuesto por Córdova [15]. Él manifiesta que se debe a que la fibra actúa adhiriéndose al concreto evitando fisuras.

Centrarse únicamente en ensayos de compresión proporciona una perspectiva de las propiedades mecánicas del material. Resultaría beneficioso para investigaciones posteriores incorporar pruebas adicionales, como resistencia a flexión o tracción, con el fin de obtener una comprensión más completa del comportamiento estructural.

Según [16] la resistencia mínima del concreto estructural, $F'c$, diseñado y construido de acuerdo con la norma no debe ser inferior a 17 MPa, de acuerdo con la investigación realizada al agregar 0,5% de fibra, se obtuvieron resistencias de 395,60 kg/cm², 386,16 kg/cm² y 390,73 kg/cm², evidenciando que los tres diseños realizados superan en resistencia a lo establecido en la norma.

Según [17] la aceptación de probetas de concreto según su resistencia a la compresión curadas de forma estándar; debe cumplir dos requisitos para que el nivel de resistencia de una mezcla sea satisfactorio; para nuestra investigación, el primero es que el promedio aritmético sea mayor a $f'c=350$ kg/cm² y el segundo requisito es que la resistencia de cada probeta no será menor a 315 kg/cm² (0,10 $f'c$). Ambos requisitos se cumplen.

Respecto al ensayo de esclerometría, también se puede evidenciar que el resultado más favorable se obtuvo al añadir un 0,5 % de fibra de bambú, logrando una resistencia promedio de 422,64 kg/cm². Este resultado se puede respaldar adecuadamente debido a que diversos estudios demuestran que la adición de fibras naturales como la del bambú a la composición del concreto hace que este tenga una mayor resistencia a la compresión a comparación del concreto estándar.

Del ensayo de esclerometría los valores de rebote son menores cuando se hace la muestra alejándose más del núcleo de la probeta, esto puede deberse a que en esas zonas el material está más expuesto a la intemperie y a su vez estar propenso a daños o desgastes prematuros.

La distribución uniforme de las fibras de bambú en la matriz de concreto contribuye a fortalecer el material de manera homogénea, evitando la concentración de tensiones en áreas específicas que puedan resultar en fisuras. Además, la resistencia adicional proporcionada por estas fibras ayuda a mitigar el riesgo de agrietamiento. Esto se demostró al momento de analizar el tipo de falla y comportamiento ocurrido en la probeta patrón y las probetas con fibra al someterlas a la máquina a compresión.

Se recomienda realizar más de 30 ensayos por cada tipo de probeta, ya que así podremos obtener un valor de desviación estándar, que puede ser usado para próximos ensayos y para obtener un diseño de mezcla óptimo.

Recomendamos volver a ensayar las probetas añadiendo distintos porcentajes de fibra de bambú, esto con el fin de evaluar su comportamiento y obtener un resultado óptimo, tanto en resistente como asequible.

Como recomendación podríamos evaluar otras propiedades del concreto con y sin fibra, como la resistencia a la tracción, durabilidad frente a climas adversos y capacidad de aislamiento térmico y acústico. Logrando así completar información sobre el concreto que puede ser de gran uso en la industria.

V. CONCLUSIONES

Según los resultados experimentales se determinó que al añadir fibra de bambú en un 0,5% al diseño de concreto, este mejorará sus propiedades mecánicas, resistiendo la fuerza a la compresión un 5,6 % más que el concreto sin adición. Por otro lado, las probetas con fibra añadida presentaron mejores características físicas al momento de someterlo a la prueba de compresión, ya que al momento del fallo las fibras mantuvieron unido al concreto.

La adición de fibra de bambú al concreto reduce el asentamiento o la trabajabilidad, pero aumenta la resistencia a la compresión.

Los resultados promedios de resistencia obtenidos en el ensayo de esclerometría van en relación con la resistencia obtenida del ensayo a compresión del concreto, si bien en cierto el ensayo con el esclerómetro no es un valor real de la resistencia del concreto, afianza que el concreto con fibra tiene una mejor propiedad física

La fibra de bambú actúa como un gran aditivo para reforzar el concreto, esto se debe a su composición y estructura fibrosa, que mejorando su tenacidad y ductilidad. Esto significa que el concreto es menos propenso a la fractura frágil y puede soportar mejor cargas cíclicas o impactos.

La fibra de bambú puede ayudar a controlar la formación de fisuras en el concreto. Las fibras actúan como un refuerzo que pueden distribuir las tensiones a lo largo de la matriz de concreto, reduciendo así la probabilidad de fisuración. Así como también pueden mitigar las contracciones y las grietas por contracción en el concreto (juntas frías).

Gracias a la elaboración de esta investigación nos dimos cuenta de la importancia de investigar sobre materiales nuevos y adiciones que se les puede dar a unos ya existentes, y como puede mejorar o afectar sus propiedades físicas y mecánicas.

Para así nosotros poder saber si usarlos o no en la industria de la construcción.

REFERENCIAS

- [1] Tapullima, C. & Yangua, A. (2020). "Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto $f'c$ 210 kg/cm² adicionando fibra de bambú, Tarapoto - 2020". Tesis título. Universidad Cesar Vallejo. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/65624/Tapullima_GC-Yangua_AAJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [2] Santillán, L. (2020). Concreto reforzado con fibras aporta beneficios a la construcción. *Universidad Nacional Autónoma de México*. <https://ciencia.unam.mx/leer/1069/concreto-reforzado-con-fibras-aporta-beneficios-a-la-construccion>H. Simpson, *Dumb Robots*, 3rd ed., Springfield: UOS Press, 2004, pp.6-9.
- [3] American Concrete Institute; ACI 544.1R-96: Report on Fiber Reinforced Concrete; Detroit 1996. <http://indiafiber.com/Files/ACI%20report.pdf>
- [4] Dans, V.; Chamba, M. y León, O. (2020). *El bambú y su importancia como un material estructural para la construcción*. ISSN: 2528-7818. ISSN: 1390 - 3683. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/719>
- [5] Martín, A. (2020). *Estudio Comparativo De Fibras Naturales Para Reforzar Hormigón*. Tesis de título. Universidad Politécnica De Valencia <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/160345/Mart%C3%ADn%20%20Estudio%20comparativo%20de%20%20fibras%20naturales%20para%20reforzar%20hormig%C3%B3n.pdf?sequence=1>
- [6] Villanueva, L. (2020). *Propiedades mecánicas del concreto $f'c=280$ kg/cm² con adición de fibras de Bambú en 2%, 4% Y 6%, Chimbote, Ancash - 2019*. Tesis de título. Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/72602>
- [7] NAN Arquitectura (2023). ¿Qué es el cemento Portland y para qué sirve? España. <https://nanarquitectura.com/2023/01/27/cemento-portland-usos/22958>
- [8] CEMEX (2019). ARTÍCULOS DE CONSTRUCCIÓN. Hablando de Cementos Portland. Perú.
- [9] Rodríguez Romo, J. C., (2006). El bambú como material de construcción. *Conciencia Tecnológica*, (31), 67-69. <https://www.redalyc.org/pdf/944/94403115.pdf>
- [10] Masakazu, T. (2012) Basic Study on Mechanical Properties of Bamboo Fiber Reinforced Concrete. *Researchgate*. https://www.researchgate.net/publication/263496840_Basic_Study_on_Mechanical_Properties_of_Bamboo_Fiber_Reinforced_Concrete
- [11] Lee, J. (2017) Influence of concrete strength combined with fiber content in the residual flexural strengths of fiber reinforced concrete. *ScienceDirect*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263822316321018?via%3Dihub>
<https://www.cemex.com.pe/-/hablando-de-cementos-portland>
- [12] Sri-Murni, D., Ming W y Christin N. (2017). The use of bamboo fiber in reinforced concrete beam to reduce crack. *AIP Publishing*. <https://pubs.aip.org/aip/acp/article/1887/1/020003/773792/The-use-of-bamboo-fiber-in-reinforced-concrete>
- [13] Alves-Pinto F. (2010). Experimental evaluation of the behavior of fluid concrete reinforced steel fibers : influence of shape factor and volumetric fraction of fibers on the mechanical properties of concrete. Maestría en Ingeniería Civil - Centro de Tecnología, Ingeniería Civil, Universidad Federal de Alagoas, Maceió, 2010. <https://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/399>
- [14] Kavitha, S. (2016). Effectiveness of bamboo fiber as a strength enhancer in concrete. *Researchgate*. https://www.researchgate.net/publication/311715967_Effectiveness_of_bamboo_fiber_as_a_strength_enhancer_in_concrete
- [15] Farfán-Córdova, M., Pinedo Díaz, D., Araujo Novoa, J., y Orbegoso Alayo, J. (2019) Fibras de acero en la resistencia a la compresión del concreto. *Gt*. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/148/148738001/html/index.html#:~:text=Estos%20filamentos%20proporcionan%20mayor%20energ%C3%ADa,concreto%20evitando%20fisuras%20%5B4%5D.>
- [16] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). Norma Técnica De Edificación E.060 Concreto Armado.

https://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.pdf
[17] American Concrete Institute. (2019). Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19). https://www.usb.ac.ir/FileStaff/5526_2020-1-25-11-12-7.pdf