



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR DE BAJA DENSIDAD,
UTILIZANDO ÁRIDOS DE LA CANTERA DEL RIO JUBONES.
ANALIZAR SUS PROPIEDADES Y APLICACIONES.

CONZA LUZON HENRY JUNIOR
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR DE BAJA DENSIDAD,
UTILIZANDO ÁRIDOS DE LA CANTERA DEL RIO JUBONES.
ANALIZAR SUS PROPIEDADES Y APLICACIONES.

CONZA LUZON HENRY JUNIOR
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

DISEÑO DE HORMIGÓN CELULAR DE BAJA DENSIDAD, UTILIZANDO ÁRIDOS DE LA CANTERA DEL RIO JUBONES. ANALIZAR SUS PROPIEDADES Y APLICACIONES.

CONZA LUZON HENRY JUNIOR
INGENIERO CIVIL

CABRERA GORDILLO JORGE PAUL

MACHALA, 22 DE SEPTIEMBRE DE 2021

MACHALA
22 de septiembre de 2021

HORMIGON CELULAR

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

7%

★ repositorio.unsa.edu.pe

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 125 words

Excluir bibliografía

Apagado

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, CONZA LUZON HENRY JUNIOR, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Diseño de Hormigón celular de baja densidad, utilizando áridos de la cantera del rio jubones. Analizar sus propiedades y aplicaciones., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 22 de septiembre de 2021


CONZA LUZON HENRY JUNIOR
0703337592

AGRADECIMIENTO.

Esta nota de agradecimiento está dirigida primeramente a Dios y a todos los que fueron un apoyo considerable e imprescindible en el transcurso de mi carrera y para el desarrollo posterior de esta tesis. Primeramente a mi esposa, hijos, mis padres, mis suegros y familia, que fueron el apoyo moral y espiritual necesario para continuar cuando las dificultades se presentaron. Agradezco grandemente al equipo de profesores (nombre de los profesores) que fueron guías y soporte intelectual en este proceso de investigación, sin ellos esto no hubiese podido ser posible. Gracias por su esfuerzo, paciencia, y consideración.

RESUMEN

El hormigón celular es creado con burbujas o vacíos que se quedan incrustados en por medio de un agente espumoso. Se ha diseñado un hormigón celular con peso específico menor al de un hormigón común, para realizar dicho hormigón se usaron áridos provenientes de la zona local, en este caso de la cantera del río Jubones. Para realizar la espuma se usó un aditivo de de la marca Sika; denominado "SIKA AER", producto que está dedicado en forma exclusiva para este tipo de hormigón. Se presenta a este hormigón celular como un hormigón ligero con un aditivo plastificante y espumante con diferentes aplicaciones que son dependientes del esfuerzo a la compresión y de su peso específico. Durante su elaboración se realizaron pruebas previas de fluidez y cantidad de cemento. con la prueba de abrams se controló su manejabilidad la dosificación usada en este hormigón fue de 1 para cemento, 2 de arena, 0.91 de espuma y 1.85 de relación agua/cemento. Después se pasó a determinar la densidad del hormigón celular, determinado un peso específico equivalente a 1700 Kg/m³. Luego se pasó a realizar un ensayo a compresión en los días de fraguado de 7, 14 , 28 días, respectivamente se fueron sometiendo a compresión los cilindros de probetas conforme a la norma ASTM C31. Los resultados registrados de los ensayos a compresión fueron 141 Kg/cm² para los 7 días, 157 Kg/cm² para los 14 días y 181 Kg/cm² para los 28 días.

Palabras Clave: Hormigón, Hormigón Celular, Hormigón ligero, Espumante.

ABSTRACT

Aerated concrete is created with bubbles or voids that are embedded in by means of a foaming agent. A cellular concrete has been designed with a specific weight lower than that of a common concrete. To make this concrete, aggregates from the local area were used, in this case from the Jubones River quarry. To make the foam, a Sika additive called "SIKA AER" was used, a product exclusively dedicated to this type of concrete. This cellular concrete is presented as a lightweight concrete with a plasticizing and foaming additive with different applications depending on the compressive stress and its specific weight. During its elaboration, previous tests of fluidity and quantity of cement were carried out. The dosage used in this concrete was 1 for cement, 2 for sand, 0.91 for foam and 1.85 for water/cement ratio. The density of the cellular concrete was then determined, determining a specific weight equivalent to 1700 Kg/m³. Then a compression test was performed on the setting days of 7, 14 and 28 days, respectively, the cylinders of specimens were subjected to compression according to the ASTM C31 standard. The compression test results recorded were 141 Kg/cm² for 7 days, 157 Kg/cm² for 14 days and 181 Kg/cm² for 28 days.

Key words: Concrete, Cellular Concrete, Lightweight Concrete, Foam.

Índice

1	INTRODUCCIÓN	6
1.1	IMPORTANCIA DEL TEMA.	7
1.2	ACTUALIDAD DE LA PROBLEMÁTICA.	7
1.3	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA CIENTÍFICO.	8
1.4	DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO.	9
1.5	JUSTIFICACIÓN.	10
1.6	OBJETIVOS	10
2	DESARROLLO	11
2.1	MARCO TEÓRICO	11
2.1.1	DEFINICIONES.	11
2.2	NORMAS TÉCNICAS	11
2.3	MÉTODO EMPÍRICO	12
3	CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	15
4	Referencias Bibliográficas	16
	Anexos	18

1 INTRODUCCIÓN

En la construcción siempre existe la necesidad de una mejora continua de los materiales usados, así como de sus métodos de diseño. El hormigón de uso común a pesar de sus ventajas de resistencia a la compresión. Se están buscando alternativas de diseño para disminuir su peso específico, una de las alternativas es desarrollar un hormigón ligero que posea porosidad, de tal forma que esta propiedad atrape el aire dentro del hormigón y reduciendo su peso, pero manteniendo su resistencia a la compresión. Este Hormigón poroso es el denominado “hormigón celular”

El concreto celular es definido como un tipo de mortero donde burbujas de aire quedan incrustadas por medio de un agente espumante apropiado. También se le conoce al concreto cuya densidad varía entre 300- 1800 kg/m³ (Amran et al., 2015; Raj et al., 2019). Lo que diferencia el concreto celular a otros concretos ligeros es que debe contener un mínimo del 25 % (Gelim y Ali, 2011) (en volumen) de contenido de aire. [1]

También existen otras propiedades en las que destaca el hormigón celular, en especial la absorción acústica, esta propiedad disminuye la necesidad de usar otros materiales para aislar el sonido, esto nos dará menores precios en el uso de estos hormigones donde se necesite esta propiedad. Otra de las propiedades es servir de aislante térmico, esto ayuda a disminuir el consumo energético de una vivienda, en la construcción también disminuye la necesidad de usar otros aislantes

La cantidad de poros es un factor preponderante para la capacidad del material de absorber sonido y servir de aislante térmico, se sabe que el tamaño de los poros también está relacionado con el rendimiento termoacústico [2]

La primera patente de hormigón celular apareció en 1925 en Suecia, mucho después de la aplicación del hormigón celular, que se produjo desde 1889. La aplicación en la construcción civil se ha justificado por la industrialización en el de producción, lo que reduce el tiempo de construcción; por la reducción del peso específico; por la contribución al confort ambiental térmico y acústico, y por la resistencia a la congelación/descongelación y al fuego. Se ha presentado como una buena solución para las zonas de seguridad de los aeropuertos con pisos adicionales para aterrizajes de emergencia y para la eliminación de metales pesados de aguas industriales contaminadas, así como para paneles de pared en edificios horizontales. [3]

1.1 IMPORTANCIA DEL TEMA.

Antes del uso del hormigón armado de uso actual, se usaba la piedra unidas por mortero y otros materiales que limitaban los tipos de construcciones y sus tamaños; además de aportar un importante costo en la construcción.

Buscar nuevas alternativas en los materiales de la construcción ha sido una fuente de innovación, esto permite lograr construcciones más económicas y con propiedades más versátiles para los diferentes tipos de construcciones.

Además, el hormigón celular ofrece características como su baja densidad que promueven construcciones con menor peso, disminuyendo los esfuerzos producidos por la carga muerta, esto permite construcciones con secciones menores en sus elementos estructurales, dando ahorro a sus usuarios. Aunque también tiene sus inconvenientes como contracción por secado.

La contracción por secado es uno de los inconvenientes a los que se enfrenta el hormigón celular. Este problema hace que la estructura del hormigón celular se encoja y reduzca su volumen, lo que lleva a la disminución de la resistencia del hormigón celular. Dado que la contracción por secado del hormigón celular es mayor en comparación con el de la resistencia normal, [4]

Diseñar hormigones celulares ayuda a resolver estos problemas identificando donde hay que mejorar y con esto, sabremos si las soluciones propuestas son económicamente viables de ahí la gran importancia de seguir investigando estos hormigones.

1.2 ACTUALIDAD DE LA PROBLEMÁTICA.

A lo largo del tiempo se elaboraron diversos morteros que luego se combinaron con diferentes materiales pétreos, estos se usaron para unir elementos y también para crear construcciones de diversa complejidad. Conforme pasó el tiempo se presentaron los diferentes problemas del método frente a los fenómenos naturales como artificiales, como son los sismos, incendios, exposición a ambientes alcalinos, ácidos, etc. Presentando nuevos requerimientos y necesidades en las construcciones.

No fue sino hasta el año 1848 en que se construyó la primera estructura de hormigón armado; esto se le atribuye al ingeniero francés Joseph-Louis Lambot, quien aprovechando el hormigón y algunos elementos de acero formó el primer barco con casco de hormigón armado y lo utilizó en el lago de Besse-sur-Issole. En 1861, François Coignet ideó, con base en los estudios de Lambot, las primeras aplicaciones del hormigón armado en estructuras como techos, paredes, bóvedas y tubos, siguiéndole otros que patentaron sus productos y descubrimientos; sin embargo, el hormigón armado presentó una serie de problemas

inherentes a su constitución físico-química. El primero de ellos es que existen zonas en las que, por las condiciones geológicas locales, no se dispone de materia prima para la elaboración de agregados convencionales como la piedra y la arena chancada, los cuales son componentes esenciales del hormigón. El segundo problema surgió debido al incremento de la complejidad arquitectónica y estructural de diversos tipos de infraestructura en hormigón armado, manifestándose principalmente en el incremento de exigencias asociadas a la capacidad de carga del material, siendo menester, en el marco de un conjunto de soluciones diversas, el uso de hormigones que presentaran menores pesos unitarios, de manera que mejoren las cualidades estructurales de las construcciones. Sumado a esto, el hormigón presentaba reducciones considerables de resistencia y elasticidad tras eventos de sismo, incendio o por interacción química con agentes agresivos en el aire o en el suelo donde las construcciones de hormigón armado se asentaban, problemas que también se hicieron evidentes en el mortero. [5]

Hoy en día, el hormigón celular es una opción muy popular en el sector de la construcción. El uso de hormigón celular tiene muchas ventajas sobre el hormigón de peso normal, como la reducción del tamaño de los elementos estructurales, el aumento de la altura del edificio y una mayor relación vano-profundidad para las vigas en la construcción de hormigón pretensado (Shannag, 2000). En el diseño de un elemento estructural, la resistencia a la compresión es deseable junto con una ductilidad aceptable bajo fuertes carga para garantizar una deflexión adecuada (Aslam et al., 2014; Islam et al., 2013). Además, se reconoce ampliamente que el fallo del hormigón es repentino y de naturaleza frágil en el caso de la tensión diagonal (Cárdenas et al., 2010; Rahman et al., 2016). Una ductilidad satisfactoria es un factor crucial para las estructuras de hormigón armado en zonas altamente sísmicas. debido a que el hormigón armado tiene una baja ductilidad y experimenta muchas complicaciones graves cuando se somete a compresión y torsión. [6]

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA CIENTÍFICO.

Contextualización

Actualmente el factor que más dificultad el diseño estructural usando el hormigón celular es el no tener los parámetros necesarios para determinar los cálculos, como los siguientes: módulo de elasticidad, peso específico, esfuerzo a la compresión, entre otros.

Hacer los diseños y someterlos a ensayos permite obtener estos parámetros, y así poder usarlos en futuros cálculo para las obras donde se necesite colocar este hormigón celular

La masa específica de los hormigones se reduce mediante la inclusión de huecos en su interior. Sin embargo, no es adecuado clasificarlo simplemente por su masa específica. También hay que tener en cuenta otras cualidades. Es importante considerar el método de producción, es decir, qué materiales y procesos se consideran durante la preparación, como la resistencia mecánica, la trabajabilidad, la retracción y la fluidez, entre otros. [7]

Análisis Crítico

En el diseño se necesitan los agregados gruesos, agregados finos, elemento de cemento y elemento espumante, hay que determinar cada una de las dosificaciones en cada elemento; todos estos elementos tienen un comportamiento distinto en el proceso de fraguado del hormigón y una de las principales desventajas es la rápida contracción que crea microfisuras, se tuvo que controlar mucho la dosificación y el proceso de fraguado para disminuir estas fisuras

Pregunta científica.

Expuesto lo anterior ¿Cuál es la dosificación adecuada para este tipo de hormigón celular?

1.4 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO.

Contenido.

Se realizaron los ensayos de granulometrías para los agregados gruesos y agregados finos; también se determinó sus pesos específicos de cada elemento a agregar, una vez agregada la mezcla de para el hormigón celular se pasó a colocar el aditivo espumante controlando su volumen. Realizada la correcta mezcla, ésta se colocó en recipientes para su posterior ensayo en los días 7, 14 y 28.

Espacial.

Con el hormigón celular se pasó a medir su peso específico. Los ensayos realizados son los de rotura de cilindros y tensión en vigas. Estos ensayos están enfocados a la creación de elementos portantes como columnas viga y losas, estos elementos son los principales en transmitir el peso muerto.

Se usarán los áridos provenientes de las canteras del río Jubones, ya que estos áridos son de fácil acceso y de bajo costo en la zona.

1.5 JUSTIFICACIÓN.

El desarrollo de las investigaciones en el campo de las estructuras ha contribuido notablemente al logro de proyectos cada vez más racionales, tratando siempre de que estos tengan cada vez más una relación seguridad-costo más cercana a la óptima real.[8]

Disminuir el peso de los elementos estructurales trae un gran beneficio en los costos de construcción, ahora saber si este hormigón celular logra soportar los esfuerzos a los que el hormigón normal es sometido en una construcción de viviendas, es de suma importancia. Con esto se logrará una alternativa al hormigón común.

En cuanto al comportamiento de esta mezcla de hormigón alternativo en condiciones de incendio, son escasos los resultados disponibles en la bibliografía internacional consultada y, cabe destacar, son inexistentes a nivel nacional. En vista de lo anterior, este trabajo tiene como objetivo evaluar la resistencia mecánica residual del hormigón celular producido con esta dosificación para este tipo de elementos [9]

Hacer estudios experimentales de edificaciones a escala real resulta costoso y requiere mucho tiempo, además, son de utilidad para observar el comportamiento en conjunto de todos los sistemas estructurales que conforman una edificación. [10] pero aquí solo vamos a obtener los datos más básicos del hormigón celular.

1.6 OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar una mezcla de concreto Celular, utilizando agregados de la Cantera del río Jubones, permitiendo con ello conocer sus características y propiedades.

Objetivos Específicos

Conocer las bases del Hormigón Celular.

Plantear diseño de la mezcla en función de la Norma de especificaciones técnicas vigentes.

Determinar los componentes necesarios para la dosificación del hormigón celular.

2 DESARROLLO

2.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 DEFINICIONES.

Hormigón o concreto. Es una mezcla de diversos elementos áridos y un aglomerante que con un proceso de fraguado cambia su estado equivalente a una pasta a un estado sólido adoptando la forma del recipiente que lo contiene.

Fraguado de hormigón. Proceso de pérdida de plasticidad del hormigón debido a la reacción química del agua mezclada con los componentes del hormigón, la reacción es desencadenada el agua y los óxidos metálicos que contiene el clinker y estos se cristalizan en hidróxidos metálicos, dicha reacción emite cierto grado de calor. Esta parte se debe realizar dentro de un encofrado para que el hormigón adopte su forma.

Hormigón liviano. – Son los hormigones que tienen un peso específico menor a 2300 kg/cm³. En esta categoría entra el denominado hormigón celular.

Hormigón Celular. Para obtener este tipo de hormigón liviano se mezcla el hormigón convencional con un agente espumante que trape el aire y facilita su distribución uniforme dentro del hormigón fresco; para luego hacer el proceso de fraguado disminuyendo su peso específico.

Agente Espumante. Es un aditivo que permite atrapar aire dentro de burbujas y facilita su mezcla con el hormigón para la creación de hormigón celular.

2.3 NORMAS TÉCNICAS

- Para elaborar el hormigón se ha usado la norma NEC-SE-HM y la norma ASTM-C33.
- Dosificación del hormigón basado en el método de ACI 211
- Método para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland ASTM C 109.
- Método de ensayo para determinar la fluidez de morteros de cemento portland. ASTM C 1437.
- Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de abrams ASTM C 138.

2.4 MÉTODO EMPÍRICO

DISEÑO DE MEZCLAS

Dosificar para producir una mezcla con la característica de un menor costo posible, esto se puede lograr realizando seleccionando áridos que se puedan adquirir en la zona local con bajo coste de extracción y transporte. Esto no se podrá lograr si se buscara áridos ideales por eso una de las partes fundamentales para lograr un desempeño óptimo, que logre un balance entre la calidad necesaria a un coste razonable. Entonces debemos definir los requisitos basados en las propiedades esenciales que el hormigón debe cumplir, sin importar cual sea su tipo de hormigón común u hormigón celular. Logrando esto podemos saber que la dosificación del hormigón celular se realizó de forma correcta.

Para el caso de este tipo de hormigón se usó como espumante el producto de la marca Sika, llamado "SIKA AER"; que tiene como base resinas de colofonia. Este producto no afecta al tiempo de fraguado.

Para realizar la mezcla usaremos la norma ASTM C 138, denominado método gravimétrico, este consiste en controlar el peso específico inicial del hormigón, este método no calcula las proporciones de los elementos que se usaron en la dosificación.

- Estando fresco debe ser manipulable y adaptable a su recipiente o encofrado. Debe permitir ser transportado y al compactarse perder poca homogeneidad.
- Una vez terminado su proceso de fraguado a los 28 días debe cumplir su resistencia a la compresión a la cual fue diseñado.
- Ser duradero en el tiempo establecido que debe cumplir.
- El hormigón debe de ser económico; el costo del hormigón está dado por los costos de los materiales y el costo de su manipulación hasta formar parte de la estructura.

Determinación de la relación cemento - arena.

La relación cemento/arena se establece de la tabla 1 (Anexo 1), que es utilizada para la elaboración de morteros dependiendo de su aplicación.

Determinación de la densidad aparente.

La densidad aparente para elaborar el hormigón celular está entre 300 kg/m³ y 1900 kg/m³. Las densidades aparentes para la elaboración de hormigones livianos están en el rango de 300 kg/m³ y 1900 kg/m³.

Producción de espuma.

Para producir la espuma se requiere un generador de espuma o un inyector de aire, y un mezclador de agitación especial, se usó un aditivo presente en el mercado ecuatoriano de la marca Sika denominado SIKAAER.

Pasos usados para elaborar la Mezcla.

- 1) Para las proporciones del mortero, usamos la tabla 2 (anexo 2).
Arena/cemento = 2 Esta opción se escogió por economía.
- 2) Determinamos la proporción de agua por medio de la tabla 1 (anexo 1)
Agua/Cemento = 0.353 Es lo mínimo recomendado.
- 3) Mortero = cemento + arena + agua. (kg; m³)
- 4) Por regla de 3 simple se obtuvieron las relaciones del mortero para un metro cúbico de mortero (m³)
- 5) Peso específico del mortero común = (peso del mortero/volumen mortero) kg/m³
- 6) De igual forma por regla de 3 simple se determina la cantidad de mortero común que existe para un método peso específico de hormigón celular, para el presente estudio de 1700 kg/m³

$$\text{Vol. mortero (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso específico mortero común}}{\text{Peso específico Hormigón celular}}$$

- 7) Volumen de espuma = 1.00 m³ hormigón celular – volumen del mortero común
- 8) Se determina las partes de cada componente para el nuevo mortero común y que corresponde para la cantidad que se necesita para elaborar un hormigón celular. [11]

Proceso de elaboración.

- a) Se pasó a mezclar en un recipiente la arena y el cemento (anexo 3 y 4).
- b) Se agregó el agua a los componentes
- c) Se mezcló de forma continua hasta obtener una consistencia adecuada sin grumos.
- d) Luego se añadió la espuma y se continuó mezclando hasta llegar a una mezcla uniforme.
- e) se verificó las características adecuadas según ASTM C 138
- f) Se llenaron los moldes para realizar los ensayos.

Dosificación usada.

La dosificación usada para un metro cúbico hormigón celular es la siguiente:

agua/cemento	Cemento	Arena	espuma
1.85	1.00	2.00	0.91

COMPONENTE	DOSEIFICACION
Espuma	461.37 lt
Cemento	507.00 Kg
Arena	1014.00 Kg
Agua	274.05 lt

Fuente: Elaboración propia

Ensayos en estado fresco

Una vez realizada la mezcla de concreto se mide la consistencia mediante el cono de abrams para medir el grado de fluidez de la mezcla, siguiendo los pasos descritos en la norma. (anexo 5).

Ensayo a compresión.

La seguridad de una construcción depende de la seguridad individual de cada una de sus partes componentes. La necesidad práctica de conocer la capacidad resistente del hormigón está. Por lo tanto, está asociada a cada una de estas partes. [12]

Se usaron probetas cilíndricas con una altura de 2 veces su diámetro, en este caso y se usaron 3 de estas. Al no utilizar agregado grueso el molde no depende de 3 veces el tamaño máximo nominal según la norma ASTM C31.

En la máquina se deben centrar el cilindro de ensayo a compresión, al cual se le aplicará una carga hasta la rotura del cilindro. La carga vertical se debe mantener en un rango de 0.15 a 0.35 MPa/s.

La resistencia a compresión del hormigón celular diseñado ha sido el siguiente:

Muestra	Fecha Fabricacion	Fecha de ensayo	Edad (días)	Carga (kg/cm ²)	Carga P. (kg/cm ²)
7A	19-jul-21	26-jul-21	7	143	141
7B	19-jul-21	26-jul-21	7	139	
14A	19-jul-21	02-ago-21	14	159	157
14A	19-jul-21	02-ago-21	14	155	
28B	19-jul-21	16-ago-21	28	182	181
28B	19-jul-21	16-ago-21	28	180	

tabla 1. Resultados del ensayo de compresión.

Peso Específico del Hormigón Celular

En este análisis se obtuvo como resultado un hormigón peso específico de 1700 kg/m³ usando los áridos provenientes de la cantera del río Jubones. dicho peso corresponde a un peso necesario para destacar como hormigón celular

El peso específico es uno de los parámetros principales que sirve para calcular la carga muerta que el hormigón aporta al peso de la estructura. El peso específico y la absorción se realizan de acuerdo a la norma ASTM C 642.

3 CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

- Se realizaron los diseños y se elaboraron concretos celulares de densidades menores a 1800 kg/m³ y una resistencia a la compresión de 181 Kg/cm², entonces se puede afirmar que durante el desarrollo de esta investigación se cumplió el objetivo general.
- El concreto celular es muy sensible a dosificaciones de aditivo espumante, respecto de sus propiedades en estado fresco.

Recomendación.

- Para la elaboración del concreto celular es necesario aplicar un estricto control de calidad, ya que cualquier variación en los materiales y tiempos podría resultar en una mezcla diferente a la diseñada.
- Para futuras líneas de investigación se recomienda realizar una comparación en el diseño de elementos estructurales con concreto convencional y con concreto celular.

4 Referencias Bibliográficas

- [1] S. P. Muñoz Pérez, W. R. García Chumacero and T. M. Salazar Pretel, "Uso de residuos sólidos en la elaboración de concreto celular: una revisión", *Aporte Santiaguino* 14(1), pp. 104-113, 2021.
- [2] Eduardo Pachla, Débora Silva, Pedro Jucá, Wang Chong , Ederli Marangon, "Thermal-acoustic-mechanical performance of a lightweight cementitious matrix composite reinforced with rice husk", *Revista Matéria (Rio J.)* 24 (2), 2019.
- [3] C. A. de Oliveira Silva, P. C. Correia Gomes, T. M. Gomes Voronkoff, C. V. Bezerra Falcão, F. A. Viana Binas Jr., "Influence of the foamed additive on the dosage and properties of the aerated cellular concrete", *Revista Matéria (Rio J.)* 23 (1) • 2018.
- [4] A. Mat Serudin, A. Othuman Mydin, A. N. Abdul Ghani, "Efecto del Confinamiento del Hormigón Ligeró Espumado con Malla de Fibra de Vidrio Tejida Sobre su Contracción de Secado", *Rev. ing. constr.* vol.36 no.1 Santiago, pp. 21-28, 2021.
- [5] J. Galvez-Alvarado, C. Barzola-Gastelú, R. Gómez-Minaya, A. Torre-Carrillo, "Study of ica diatomites as a raw material in the manufacture of artificial arids of arcilla for use as light aggregates in concrete mixture designed based on the NTP and ASTM requirements", *INVESTIGACIÓN & DESARROLLO*, Vol. 20, No. 1, pp. 113 – 134, 2020.
- [6] Md. Nazmul Huda, M. Z. Bin Jumat, A. B. M. Saiful Islam, M. Rahman Soeb, "Influence of palm oil factory wastes as coarse aggregate species for green lightweight concrete", *Revista de la Construcción*, vol.15 no.3, pp. 133 – 138, 2016.
- [7] R. A. Berenguer, J. C. Mariz, Â. Just, E. C. B. Monteiro, P. Helene, R. A. Oliveira, A. M. P. Carneiro, "Comparative assessment of the mechanical behaviour of aerated lightweight concrete", *Revista ALCONPAT*, 8 (2), pp. 178 - 193, 2020.
- [8] I. Negrin, A. Negrin, E. Chagoyén, "Optimización metaheurística de conjuntos estructurales de hormigón armado", *Rev. ing. constr.* vol.34 no.2, pp. 181 - 192, 2019.
- [9] L. Passos, A. L. Moreno jr., A. A. A. Souza, "Lightweight concrete with coarse aggregate from ceramic waste at high temperatures", *Rev. IBRACON Estrut. Mater.* 13 (02), 2020.

[10] F. R. Ruvalcaba-Ayala, M. Covarrubias-Navarro, "The Structural Fire Engineering a national approach and case of study", Ing. invest. y tecnol. vol.18 no.3, pp. 253 - 264, 2017.

[11] Acosta L., & T. González. (2003). Evaluación de propiedades del concreto celular. México. Hermosilla. Universidad de Sonora. Departamento de Ingeniería Civil y Minas.

[12] J. T. Corral, "La resistencia característica del hormigón: fundamentos estadísticos y determinación práctica", CIENCIA Y SOCIEDAD Volumen 24 N° 1, pp. 88 - 117, 1999.

Anexos

Anexo 1

Tabla 2. Relación arena -cemento según su aplicación

ARENA / CEMENTO	APLICACIÓN
1.00	Aplanados especiales
2.00	Alta resistencia
3.00	Firmes de pisos
4.00	Muros de bloques o tabiques
5.00	Cimentaciones de piedra y aplanados
6.00	Revestimientos ligeros y plantillas

Fuente: Manual del constructor, CEMEX CONCRETOS

Anexo 2

Tabla 3. Resistencia a la compresión del hormigón basada en la relación agua – cemento (a/c)

a/c por peso	Relación agua-cemento litros por saco de cemento	Resistencia probable a los 28 días (kg/cm ²)	
		Hormigón sin aire embebido	Hormigón de inyección de aire
0,265	15	425	325
0,353	19,0	350	280
0,445	22,5	280	210
0,530	26,5	210	180
0,623	30,0	180	140
0,705	34,0	140	110

Fuente: A.C.I 211.1-91

Anexo 3

Foto durante el proceso de mezclado.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 4

Foto pesando los componentes para la mezcla de hormigón.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 5

Realizando la medición de consistencia del hormigón por medio del cono Abrams.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 6

Ensayo a Compresión



Fuente: elaboración propia.