



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COSTO ESTRUCTURAL DE
PABELLONES UNIVERSITARIOS CONSTRUIDOS CON
BLOQUES ESTANDARES Y BLOQUES ALIVIANADOS
ELABORADOS CON ESPUMANTE PROTEICO ANIMAL RV-
PA2024”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

DEFAZ VERA JHON ALEXANDER
CALDERON GALDEA AXEL ANDRES

TUTOR:

ING. ALEJANDRO CRISOSTOMO VELIZ AGUAYO, PhD.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2025

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

**“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COSTO
ESTRUCTURAL DE PABELLONES UNIVERSITARIOS
CONSTRUIDOS CON BLOQUES ESTANDARES Y
BLOQUES ALIVIANADOS ELABORADOS CON
ESPUMANTE PROTEICO ANIMAL RV-PA2024”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

DEFAZ VERA JHON ALEXANDER

CALDERON GALDEA AXEL ANDRES

TUTOR:

ING. ALEJANDRO CRISOSTOMO VELIZ AGUAYO, PhD.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2025

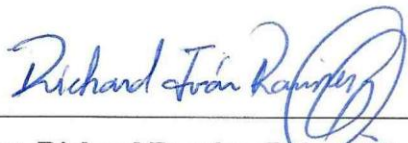
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN




Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, PhD.
DIRECTOR DE CARRERA



Ing. Alejandro Véliz Aguayo, PhD.
DOCENTE TUTOR



Ing. Richard Ramírez Palma, Mgtr.
DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. Richard Ramírez Palma, Mgtr.
DOCENTE UIC

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación, en primer lugar, a Dios, por brindarme fortaleza y sabiduría en cada paso de mi camino académico. Asimismo, a mis padres, Magaly Vera y Edgar Defaz, por su incondicional apoyo, amor y constante motivación a lo largo de mi vida universitaria.

JHON ALEXANDER DEFAZ VERA

Dedico este trabajo con todo mi amor a mi mamá, por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo, valentía y dedicación. Gracias por nunca rendirte, por darme siempre tu apoyo y por enseñarme que con constancia todo se puede lograr. También dedico esta tesis a mis abuelos, quienes con su cariño, sabiduría y consejos han sido una guía constante en mi vida. Este logro es tan mío como de ustedes, porque sin su amor y sacrificio, nada de esto habría sido posible.

AXEL ANDRES CALDERON GALDEA

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COSTO ESTRUCTURAL DE PABELLONES UNIVERSITARIOS CONSTRUIDOS CON BLOQUES ESTADARES Y BLOQUES ALIVIANADOS ELABORADOS CON ESPUMANTE PROTEICO ANIMAL RV-PA2024” elaborado por los estudiantes **JHON ALEXANDER DEFAZ VERA Y AXEL ANDRES CALDERON GALDEA**, egresados de la carrera de Ingeniería civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio URKUND, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 1% de la valoración permitida.

CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

TESIS REVISION 4

1%
Textos sospechosos

< 1% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
< 1% Idiomas no reconocidos
7% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: TESIS REVISION 4.docx
ID del documento: abc0211f9761c6fad814007211d9552867ee47fdd
Tamaño del documento original: 358,26 kB

Depositante: ALEJANDRO CRISOSTOMO VELIZ AGUAYO
Fecha de depósito: 9/12/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 9/12/2025

Número de palabras: 9737
Número de caracteres: 62.587

Ubicación de las similitudes en el documento:

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Examen 2 Carlos Proaño.pptx Examen 2 Carlos Proaño.pptx #4e4712 Viene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (16 palabras)
2	TESIS-LISSETTE BARZOLA 20-05-25 FINAL.docx TESIS-LISSETTE BARZOLA... #e97d82 Viene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)
3	nucleovisual.com Hidroxido de sodio naoh sosa caustica quimica p=> Núcleo VL... https://nucleovisual.com/hidroxido-de-sodio-naoh-sosa-caustica-quimica/	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
4	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/12683/1/UJPE-TIC-2025-0016.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

FIRMA DEL TUTOR

Ing. Alejandro Crisóstomo Véliz Aguayo, PhD.

C.I.: 0996866782

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Defaz Vera Jhon Alexander y Calderón Galdea Axel Andrés**, declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado “EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COSTO ESTRUCTURAL DE PABELLONES UNIVERSITARIOS CONSTRUIDOS CON BLOQUES ESTADARES Y BLOQUES ALIVIANADOS ELABORADOS CON ESPUMANTE PROTEICO ANIMAL RV-PA2024”, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería civil, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de mi autoría.

Por medio de la presente declaración cedemos los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,



Defaz Vera Jhon Alexander
Autor de Tesis
C.I.0955442504



Calderón Galdea Axel Andrés
Autor de Tesis
C.I.2400398497

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Alejandro Crisóstomo Véliz Aguayo, PhD.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo “**EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COSTO ESTRUCTURAL DE PABELLONES UNIVERSITARIOS CONSTRUIDOS CON BLOQUES ESTADARES Y BLOQUES ALIVIANADOS ELABORADOS CON ESPUMANTE PROTEICO ANIMAL RV-PA2024**”, previo a la obtención del Título de Ingeniero civil elaborado por los señores **Defaz Vera Jhon Alexander y Calderón Galdea Axel Andrés**, egresados de la carrera de Ingeniería Civil, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

FIRMA DEL TUTOR



Ing. Alejandro Crisóstomo Véliz Aguayo
C.I.: 0996866782

Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
Celular: 0962183538
Correo: bettyruthgomez@educacion.gob.ec

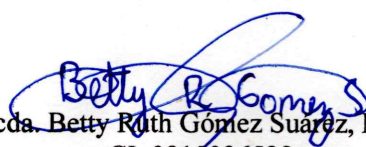
CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **BETTY RUTH GÓMEZ SUÁREZ**, en mi calidad de **LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero en Civil, denominado **“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COSTO ESTRUCTURAL DE PABELLONES UNIVERSITARIOS CONSTRUIDOS CON BLOQUES ESTADARES Y BLOQUES ALIVIANADOS ELABORADOS CON ESPUMANTE PROTEICO ANIMAL RV-PA2024”**, de los estudiantes: **DEFAZ VERA JHON ALEXANDER** y **CALDERON GALDEA AXEL ANDRES**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

En cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo a los interesados hacer uso del presente como estime conveniente.

Santa Elena, 05 de Noviembre del 2025


Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
CI. 0915036529

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS
Nº DE REGISTRO DE SENECYT 1050-2014-86052892

AGRADECIMIENTOS

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por darme la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa tan importante.

A mi mamá, por su amor incondicional, por su apoyo en cada paso y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis abuelos, por ser un pilar fundamental en mi vida, por sus consejos, oraciones y el cariño que siempre me han brindado.

A la Ingeniera Lissette Lilibeth Barzola González y tutor Ing. Alejandro Crisóstomo Veliz Aguayo, PhD, por su guía, sus enseñanzas y por compartir sus conocimientos con dedicación.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena por permitir el uso del laboratorio de suelos donde realizamos todos nuestros ensayos y pruebas para nuestra sustentación.

A mis compañeros y amigos, por los momentos compartidos, las palabras de aliento y el trabajo en equipo que hicieron este proceso más llevadero.

A todos, gracias por formar parte de este logro que hoy se convierte en una realidad.

AXEL ANDRES CALDERON GALDEA

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, ya que sin Su gracia y guía no habría sido posible culminar esta etapa tan importante de mi vida. Agradezco profundamente a mis padres, Edgar Gastón Defaz García y Magaly Del Rocío Vera Loor, cuyo esfuerzo, dedicación y constante apoyo fueron fundamentales para la realización de esta tesis.

Asimismo, deseo reconocer de manera especial a la señorita Doménica Monserrat Suarez Loor, quien fue una pieza clave en la consecución de este logro; su respaldo y aliento fueron invaluable a lo largo de este proceso. También extendiendo mi gratitud al Ingeniero Dave Javier Prudente Del Pezo y a mis demás amigos, quienes con su compañía y palabras de ánimo dejaron una huella imborrable en este camino.

Expreso también mi sincero agradecimiento al ingeniero Alejandro Crisóstomo Vélez Aguayo por su valiosa orientación y los conocimientos compartidos, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación. Del mismo modo, extendiendo mi gratitud a la ingeniera Lissette Lilibeth Barzola González por su apoyo durante este proceso. Asimismo, agradezco a la Universidad Estatal Península de Santa Elena por facilitar gratuitamente el uso del Laboratorio de Suelos y Asfalto, recurso indispensable para la realización de los ensayos correspondientes.

JHON ALEXANDER DEFAZ VERA

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	ii
DEDICATORIA	iii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	v
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	vii
CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGIA.....	viii
AGRADECIMIENTOS.....	ix
TABLA DE CONTENIDO	xi
LISTADO DE FIGURAS	xv
LISTA DE TABLAS	xvii
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.2. ANTEDECENTES	2
1.3. HIPÓTESIS	3
1.3.1. Hipótesis General	3
1.3.2. Hipótesis Específicas.....	3
1.4. OBJETIVOS	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	4

1.5. ALCANCE	4
1.6. VARIABLES	7
1.6.1. <i>Variables Dependientes:</i>	7
1.6.2. <i>Variables Independientes</i>	7
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1. HORMIGÓN	8
2.1.1. Definición del hormigón	8
2.1.2. Componentes principales del hormigón.....	9
2.2. HORMIGÓN CELULAR	11
2.2.1. Definición del hormigón celular.....	11
2.2.2. Clasificación del hormigón celular	12
2.2.3. Ventajas del hormigón celular	13
2.2.4. Desventajas del hormigón celular.....	14
2.3. BLOQUES DE HORMIGÓN ESTANDAR	15
2.3.1. Definición de bloque de hormigón estándar.....	15
2.3.2. Clasificación y dimensiones del bloque de concreto.....	16
2.4. BLOQUE DE HORMIGON ALIVIANADO	18
2.4.1. Definición del bloque alivianado	18
2.4.2. Ventajas y desventajas frente al bloque estándar.....	18
2.4.3. Uso y aplicaciones en edificaciones.....	19
2.5. EL ESPUMANTE PROTEICO COMO INSUMO PARA LA ELABORACION DE BLOQUES ALIVIANADOS	20

2.5.1.	Definición del espumante proteico.....	20
2.5.2.	Función del espumante proteico en bloques alivianados.....	20
2.6.	SUSTANCIAS QUÍMICAS Y EQUIPOS.....	21
2.6.1.	Proteína de origen animal.....	21
2.6.2.	Ácido cítrico.....	22
2.6.3.	Hidróxido de sodio.....	23
2.6.4.	Goma de xantana.....	23
2.6.5.	Bomba neumática.....	24
2.6.6.	Compresor de aire.....	25
CAPITULO III: METODOLOGÍA		26
3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION	26
3.1.1.	Tipo de investigación.....	26
3.1.2.	Nivel de investigación.....	26
3.2.	MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
3.2.1.	Método de investigación.....	27
3.2.2.	Enfoque de investigación.....	27
3.2.3.	Diseño de investigación.....	28
3.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	28
3.3.1.	Población.....	28
3.3.2.	Muestra	29
3.3.3.	Muestreo	29
3.4.	DESARROLLO METODOLÓGICO DEL OE.1	29

3.4.1.	Obtención del espumante proteico	30
3.4.2.	Elaboración de cilindros.....	39
3.4.3.	Fundición de bloques	40
3.5.	DESARROLLO METODOLÓGICO DEL OE.2	41
3.5.1.	Diseño arquitectónico	41
3.5.2.	Modelado 3D del pabellón universitario en REVIT.....	43
3.5.3.	Cuantificación de mampostería, mediante las tablas de planificación de Revit.	44
3.5.4.	Modelado 3D estructural del pabellón universitario en REVIT 44	
3.5.5.	Cuantificación de bloques alivianados para losas, mediante las tablas de planificación de REVIT	45
3.6.	DESARROLLO METODOLÓGICO DEL OE.3	45
3.6.1.	Análisis de Precios Unitarios	45
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		48
4.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL O.E1	48
4.2.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL O.E2	53
4.3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL O.E3	54
4.3.1.	Análisis de precios unitarios	54
5.1.	CONCLUSIONES	58
5.2.	RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		61
ANEXOS		66

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Cemento Portland "Chimborazo"	9
Figura 2 Hormigón celular	11
Figura 3 Hormigón sin agregados finos.	12
Figura 4 Hormigón celular espumoso	13
Figura 5 Bloque de hormigón estándar.	15
Figura 6 Proteína de origen animal	22
Figura 7 Ácido cítrico empleado en el proceso experimental.	22
Figura 8 Hidróxido de sodio o lejía.....	23
Figura 9 Goma de Xanthan.	24
Figura 10 Bomba neumática de aire comprimido.	25
Figura 11 Compresor de aire comprimido.....	25
Figura 12 Cocción de la sangre hidrolizada.	30
Figura 13 Control de temperatura a 150 ° C a la cual fue cocinada la sangre hidrolizada	31
Figura 14 Preparación de la goma de xantana diluída.....	32
Figura 15 Realización de las 3 pruebas de sangre + goma xantana + ácido cítrico con sus respectivos pH	36
Figura 16 Diluciones con agua y concentrado de nuestra sangre + goma xantana.	37
Figura 17 Muestras de jaboncillo pesadas en la balanza electrónica	38

Figura 18 Muestras de cilindro de hormigón celular.	40
Figura 19 Realización de los bloques de hormigón celular.	41
Figura 20 Distribución arquitectónica de planta baja.....	42
Figura 21 Distribución arquitectónica del primer y segundo piso alto.	42
Figura 22 Distribución del cuarto piso alto.....	43
Figura 23 Modelado 3D del pabellón de aulas en el software REVIT.....	43
Figura 24 Tabla de cuantificación de mampostería.....	44
Figura 25 Modelado estructural 3D del pabellón de aulas en el software REVIT.	44
Figura 26 Tabla de cuantificación de bloques alivianados para losas.....	45
Figura 27 Gráfica de la resistencia a la compresión del hormigón celular a los 7, 14 y 28 días.	49
Figura 28 Diagrama de comparación presupuestaria entre ambos sistemas constructivos.....	55

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Bloques de hormigón de acuerdo a su uso	16
Tabla 2 Bloques de hormigón de acuerdo a su densidad.....	16
Tabla 3 Dimensiones mínimas de paredes y tabiques, bloques Clase A.....	17
Tabla 4 Dimensiones modulares y dimensiones nominales de los bloques de hormigón	18
Tabla 5 Cantidad de goma de xantana diluida por cada muestra.	33
Tabla 6 Resultados del primer ensayo experimental realizado.	34
Tabla 7 Resultados del segundo ensayo experimental realizado.....	35
Tabla 8 Resultados del tercer ensayo experimental realizado.	36
Tabla 9 Análisis de precios de bloques de hormigón tradicional	46
Tabla 10 Análisis de precios de bloques de hormigón celular con espumante proteico.....	47
Tabla 11 Resistencia a la compresión obtenida después del ensayo de rotura....	49
Tabla 12 Promedio de resistencia a la compresión obtenida después del ensayo de rotura	49
Tabla 13 Tipos de bloques huecos de hormigón y sus usos	50
Tabla 14 Requisitos de resistencia a la compresión que deben cumplir los bloques huecos de hormigón.....	50
Tabla 15 Tabla comparativa de los pesos de bloques convencionales vs bloques de hormigón alivianado	51
Tabla 16 Peso de la estructura con bloques convencionales.	52
Tabla 17 Peso de la estructura con bloques aligerados.	52

Tabla 18 Cuadro comparativo del peso de la estructura con ambos sistemas constructivos.....	52
Tabla 19 Tabla de elementos constructivos con sus respectivos metrados.	53
Tabla 20 Precio del agente espumante proteico por cada litro preparado.	54
Tabla 21 Precio del hormigón alivianado con agente espumante por m3.....	54
Tabla 22 Análisis de precios unitarios del sistema de block tradicional vs el sistema de block aligerado.....	55
Tabla 23 Presupuesto final del pabellón universitario de la UPSE con bloques convencionales.....	56
Tabla 24 Presupuesto final del pabellón universitario de la UPSE con bloques alivianados.....	57

“EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL COSTO ESTRUCTURAL DE PABELLONES UNIVERSITARIOS CONSTRUIDOS CON BLOQUES ESTANDARES Y BLOQUES ALIVIANADOS ELABORADOS CON ESPUMANTE PROTEICO ANIMAL RV-PA2024”

Autores: Axel Andrés Calderón Galdea y Jhon Alexander Defaz Vera

Tutor: Ing. Alejandro Crisóstomo Véliz Aguayo, PhD

RESUMEN

La incorporación de nuevos materiales en el área de la construcción ha llevado a la realización de nuevas metodologías y el desarrollo de sistemas constructivos diferentes, tal como la aplicación de hormigón celular para la ejecución de obras civiles. El objetivo del presente proyecto tuvo como finalidad, realizar la comparación del presupuesto de construcción de pabellones universitarios utilizando dos tipos de bloques: los convencionales y los bloques alivianados. Para ello, se efectuó la recopilación de información de artículos, tesis y revistas que fueron obtenidas de diversas bases de datos bibliográficas, tales como Scopus, y Scielo, para luego realizar los respectivos procesos experimentales. Los resultados del proceso de investigación y de experimentación indicaron un eficiente diseño de mezcla de hormigón celular realizada con agente espumante de origen animal, dando así un componente altamente resistente y eficaz para su utilización en la fabricación de bloques alivianados, sin embargo, en el proceso de análisis de costos se evidenció un incremento considerable con respecto a la fabricación de bloques de hormigón tradicional, por lo que será importante incluir el peso de los bloques alivianados desde el diseño estructural de la edificación para poder optimizar el dimensionamiento final de los elementos estructurales.

PALABRAS CLAVE: Bloques alivianado, densidad, dosificación, agente espumante proteico

"COMPARATIVE ANALYSIS OF THE STRUCTURAL COST OF UNIVERSITY PAVILIONS USING CONVENTIONAL BLOCKS AND LIGHTENED BLOCKS MADE WITH ANIMAL PROTEIN FOAMING RV-PA2024"

Authors: Axel Andrés Calderón Galdea y Jhon Alexander Defaz Vera

Tutor: Ing. Alejandro Crisostomo Veliz Aguayo, PhD

ABSTRACT

The incorporation of new materials in the construction field has led to the development of new methodologies and different construction systems, such as the use of cellular concrete in the execution of civil works. The objective of this project was to compare the construction budget of university pavilions using two types of blocks: conventional blocks and lightweight blocks. To achieve this, information was collected from articles, theses, and journals obtained from various bibliographic databases such as Scopus and Scielo, followed by the corresponding experimental processes.

The results of the research and experimentation processes indicated an efficient cellular concrete mix design made with a foam agent of animal origin, resulting in a highly resistant and effective component for the production of lightweight blocks. However, in the cost analysis process, a considerable increase was evident compared to the production of traditional concrete blocks. Therefore, it will be important to consider the weight of the lightweight blocks from the structural design phase of the building in order to optimize the final sizing of the structural elements.

KEYWORDS: Lightweight blocks, Density, Mix design, Protein-based foaming agent.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En búsqueda de la incorporación de nuevos materiales, han hecho que la industria de la construcción innove y optimicen costos mejorando la sostenibilidad en las últimas décadas, como el hormigón celular y los bloques aligerados, que han surgido como alternativas atractivas debido a su menor peso y propiedades térmicas (Paul Segui, 2024). No obstante, su uso ha llevado a enfrentar diversos desafíos presupuestarios que varían según el contexto geográfico y económico.

El problema mayormente observado a nivel internacional en relación al uso de bloques aligerados es el costo inicial de producción. Mientras que, en términos de eficiencia energética y disminución de cargas estructurales, estos materiales presentan un gran ahorro a largo plazo, su fabricación implica de tecnologías específicas y materias primas de calidad, por lo que genera un aumento de precio unitario como consecuencia. Un ejemplo notable es la producción de bloques de hormigón celular, el cual implica el uso de agentes espumantes y procesos de curado que son poco frecuentes en la fabricación de bloques tradicionales (Paul Segui, 2024).

Además, la carencia de normas de construcción para bloques aligerados ha generado una gran cantidad de cuestionamientos y dudas con respecto a los costos de aplicación de este sistema constructivo.

En el contexto ecuatoriano, la situación presenta particularidades que agravan los desafíos presupuestarios. Aunque existen iniciativas para incorporar materiales sostenibles en la construcción, como el uso de bloques con cascara de arroz, estos proyectos aún se encuentran en fases experimentales y no han sido adoptados masivamente. (Kelly Lisseth Robles Cordero, 2023).

Por otra parte, en el mercado ecuatoriano ha enseñado problemas en resistencia y calidad de algunos bloques aligerados artesanalmente, lo cual ha producido desconfianza entre consumidores y constructores. Estudios han comprobado que la variabilidad en la resistencia a la compresión de estos bloques puede interferir con la seguridad estructural de las edificaciones, forzando a realizar refuerzos adicionales y, por lo tanto, incrementaran los costos.

Por ejemplo, una investigación realizada en la Universidad Técnica de Ambato analizo la resistencia a la compresión de bloques tradicionales y bloques con poliestireno y tusa de maíz(Chicaiza Llumipanta, 2017). Los resultados mostraron que los bloques con aditivo no convencionales presentaron una resistencia inferior a la que los bloques tradicionales, lo que podría comprometer la integridad estructural de las construcciones que los utilicen.

Asimismo, un estudio de la Universidad Central del Ecuador evaluó bloques de hormigón elaborados con adición de Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) como sustituto parcial del agregado grueso. Los bloques con ABS mostraron una resistencia a la compresión menor en comparación con los bloques clase B, lo que indica que la incorporación de ciertos materiales reciclados puede afectar negativamente las propiedades mecánicas del producto final. (Fernando et al., 2024).

La capacitación del personal es otro de los factores que afectan al tema presupuestario, debido a que la inclusión del sistema de bloques aligerados requiere de una serie de conocimientos puntuales sobre técnicas de manipulación e instalación del material. En Ecuador, la falta de personal capacitado ha llevado a que se cometan errores dentro de la ejecución de obras, lo que ha dado como resultado el desperdicio de material, además de la realización de reparaciones que fueron derivadas de un mal trabajo, lo que da como consecuencia un incremento dentro del presupuesto final.

En varias investigaciones se ha logrado demostrar que el porcentaje de desperdicio de material en muchas ocasiones el valor puede llegar a incrementarse hasta en un 30% del valor final. (Marco Paulo Galarza Meza, 2011). Por la falta de capacitación del personal, estos problemas son los que afectan directamente a la productividad y aumentan los costos del proyecto.

Además, se ha identificado que los errores de ejecución en la construcción, como defectos de mano de obra y negligencia, son comunes cuando los trabajadores carecen de especialización. Estos errores pueden comprometer la seguridad estructural de las edificaciones y generar costos adicionales por la necesidad de corregir las fallas (Verónica Polet Juárez Chávez, 2022).

La apreciación de los consumidores también afecta la factibilidad económica de estos materiales. Existe una inclinación a vincular los bloques aligerados con una menor resistencia y durabilidad, lo que disminuye la demanda y, como resultado dificulta alcanzar la economía de escala necesaria para minimizar costos. Gracias a esta apreciación, aunque no necesariamente respaldadas por evidencia técnicas, afecta en la decisión de comprar y en la planificación de proyectos.

1.2. ANTEDECENTES

La intención de disminuir el peso de los materiales de construcción tiene sus inicios desde el Imperio Romano. Ya en el siglo I d.C., los romanos emplearon métodos para reducir el peso en sus edificaciones, con el acoplamiento de agregados volcánicos de baja densidad y la ubicación de vasijas de barro dentro del concreto. Estas prácticas permitieron obtener edificaciones más ligeras sin comprometer su resistencia (Rivera et al., 2017).

Con el transcurso del tiempo en el año 1924 el hormigón celular fue inventado por el arquitecto sueco Axel Eriksson, quien buscaba un material que combinara las ventajas de la madera (aislamiento, solidez y ductilidad) sin sus desventajas, como la combustibilidad y la necesidad de mantenimiento (Hormigón Celular - Chilecubica, 2017.).

Tras su invención, el hormigón celular comenzó a comercializarse en el norte de Europa, especialmente en países como Suecia, Alemania y Polonia (ekoetxea, 2013).

Durante la década de 1930, en Inglaterra se introdujo la escoria espumosa de altos hornos como agregado ligero en la fabricación de bloques no portantes. Con el tiempo, las mejoras en las técnicas de producción y la estabilidad de las espumas permitieron su uso en elementos estructurales (HISTORIA | Wiezcel, 2010).

En 1943, Josep Hebel comenzó a producir hormigón celular en Alemania, anticipando la necesidad de reconstrucción tras la Segunda Guerra Mundial (Hormigón Celular - Chilecubica, 2017.).

En Ecuador, la utilización del hormigón celular es todavía escaso, a pesar de que es reconocido su potencial en la construcción sustentable y eficiente. Investigaciones realizadas por las instituciones académicas locales, como la Universidad Estatal península de Santa Elena, han examinado sus usos y ventajas, resaltando la importancia de fomentar su conocimiento e implementación a nivel nacional. (Crisóstomo et al., 2023).

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis General

La evaluación y comparación de la eficiencia de los bloques aligerados frente a los convencionales podría evidenciar que los bloques alivianados llegan a reducir de manera significativa los costos totales de un proyecto de construcción, siempre y cuando cumplan con las normativas locales e internacionales.

1.3.2. Hipótesis Específicas

H.E1.: Con una adecuada optimización de la dosificación del hormigón celular, podría lograrse el diseño de un bloque con peso reducido sin que su funcionalidad estructural se vea comprometida.

H.E2.: El uso de Revit como herramienta para la cuantificación y el metrado de materiales se plantea como una alternativa que eventualmente podría resultar eficiente para obtener de manera adecuada y precisa las cantidades de bloques requeridas para la elaboración del presupuesto final.

H.E3.: El análisis de los costos totales del pabellón de aulas construido con bloques convencionales frente a bloques alivianados permitiría identificar qué sistema constructivo podría resultar más viable económicamente.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Evaluar y comparar el costo, y la eficiencia de los bloques convencionales y alivianados en obras civiles cumpliendo con las normas nacionales e internacionales, para generar información útil que facilite la toma de decisiones en el diseño y la construcción.

1.4.2. Objetivos Específicos

O.E.1. : Diseñar un bloque de hormigón celular óptimo, mediante la optimización de su dosificación y de sus propiedades físico-mecánicas, con el fin de conseguir el menor peso posible sin comprometer su funcionalidad estructural y su desempeño en la construcción.

O.E.2. : Determinar el metrado de los elementos constructivos en los que intervienen bloques de hormigón, mediante la aplicación de técnicas de cuantificación, con el fin de garantizar la equivalencia técnica en la evaluación comparativa de costos.

O.E.3. : Analizar los costos totales del pabellón universitario de la UPSE construido con bloques aligerados y con bloques convencionales, mediante la comparación de presupuestos con el fin de determinar su viabilidad económica.

1.5. ALCANCE

El alcance del presente proyecto comprende el desarrollo integral de un bloque de hormigón celular alivianado elaborado con un agente espumante proteico de origen animal. El propósito principal es obtener un material constructivo más

liviano que mantenga en la medida de lo posible, las propiedades estructurales indispensables para su aplicación en edificaciones convencionales. Esta investigación nace de la creciente necesidad de explorar alternativas materiales que contribuyan a optimizar los procesos de construcción, disminuir cargas muertas en un futuro y facilitar la manipulación junto con el transporte de los elementos, todo ello sin comprometer los niveles de seguridad y calidad que demanda la industria actual.

Para abordar este desafío de manera ordenada y rigurosa, el proyecto se divide en tres fases secuenciales que permitirán avanzar desde la formulación del material hasta su comparación práctica frente a los bloques tradicionalmente empleados. Cada fase posee una función específica, pero todas se articulan de manera complementaria, generando un cuerpo de análisis que permitirá evaluar la viabilidad técnica, económica y operativa del hormigón celular alivianado en un contexto real de construcción.

La primera fase se enfoca en el diseño de la mezcla de hormigón celular utilizando un espumante proteico de origen animal. En ella se busca establecer la dosificación adecuada que logre un equilibrio entre ligereza y resistencia, lo que implica llevar a cabo diferentes pruebas experimentales que permitan determinar la relación óptima entre la mezcla base, el agente espumante, el agua y los demás componentes involucrados. Durante esta etapa se estudiará de manera detallada la resistencia a compresión del material, su densidad, estabilidad frente a la deformación, comportamiento durante el fraguado y su durabilidad. Se analizarán también las variaciones que puedan surgir según el método de mezclado, la velocidad de incorporación del espumante y las condiciones ambientales durante el proceso de curado. Este estudio permitirá identificar una formulación reproducible, estable y capaz de ofrecer un desempeño acorde a las necesidades estructurales fundamentales. La meta de esta fase es obtener una mezcla técnicamente confiable, sustentada en resultados medibles y que funcione como base sólida para el desarrollo posterior de los bloques alivianados.

En la segunda fase, el proyecto se orienta a la fabricación física de los bloques utilizando la mezcla seleccionada en la etapa anterior. Para este propósito,

se replicarán minuciosamente las medidas y dimensiones de los bloques convencionales empleados en la construcción original del pabellón universitario tomado como referencia. Esta decisión permitirá una comparación directa y justa entre ambos tipos de elementos, evitando que diferencias geométricas influyan en la evaluación de su peso, comportamiento o costos. En esta etapa se observará el comportamiento del hormigón celular durante el proceso de moldeado, verificando su fluidez, uniformidad y facilidad de trabajo. Se evaluará también el tiempo de fraguado, la estabilidad dimensional, la presencia o ausencia de defectos superficiales, así como la resistencia del bloque una vez endurecido. Además, se registrarán consideraciones prácticas relacionadas con la manipulación, el transporte interno, la capacidad de apilamiento, la fragilidad o resistencia a impactos y cualquier otra característica que pueda influir en su utilización en obra. Esta fase permitirá obtener un producto tangible que pueda ser contrastado con los bloques tradicionales no solo en términos experimentales, sino también en el ámbito práctico de su producción y manejo.

Finalmente, la tercera fase del proyecto corresponde al análisis comparativo de costos entre los bloques convencionales y los bloques de hormigón celular alivianado fabricados para el estudio. Esta etapa implica evaluar el costo real del proceso de producción de ambos materiales, tomando en cuenta los costos de las materias primas, el tiempo de fabricación, la mano de obra involucrada, el consumo energético y todos los aspectos operativos que puedan afectar la rentabilidad del proceso. El análisis no se limitará únicamente al costo del bloque en sí, sino que también considerará los efectos que su implementación podría generar dentro de la obra, como el impacto en los tiempos de construcción, la facilidad de transporte, la reducción potencial de cargas muertas dentro del diseño estructural y la posible incidencia en el dimensionamiento de los elementos de la edificación. Comparar estos factores permitirá obtener una visión global de los costos totales asociados al uso de bloques alivianados, identificando tanto sus ventajas como sus limitaciones frente al sistema constructivo convencional.

Al finalizar estas tres fases, el proyecto proporcionará una comprensión profunda y bien fundamentada sobre la viabilidad del uso de bloques de hormigón celular alivianado dentro de un contexto constructivo real. La integración de los

resultados permitirá establecer conclusiones objetivas respecto a su resistencia, su comportamiento durante la fabricación, su desempeño en condiciones similares a las de obra y su impacto económico dentro del presupuesto general de un proyecto. Asimismo, el estudio generará aportes valiosos para futuras investigaciones relacionadas con el uso de agentes espumantes proteicos en mezclas de hormigón celular, ofreciendo parámetros, recomendaciones y experiencias que podrían ser utilizadas en nuevas aplicaciones o mejoras en el proceso de producción.

En conjunto, el alcance de este proyecto no se limita únicamente a la fabricación experimental de un material alternativo, sino que busca comprender su verdadero potencial como elemento constructivo. Este trabajo ofrece una visión global sobre cómo la innovación en materiales puede influir positivamente en los procesos constructivos, proporcionando alternativas que contribuyan a mejorar la eficiencia, reducir esfuerzos logísticos y explorar soluciones más sostenibles y funcionales dentro del ámbito de la construcción. Si el bloque alivianado demuestra ser viable desde el punto de vista técnico y económico, se abrirá la posibilidad de incorporarlo en futuros proyectos, fortaleciendo así la búsqueda de materiales que mejoren el rendimiento general de las obras sin sacrificar seguridad ni calidad.

1.6. VARIABLES

1.6.1. Variables Dependientes:

- Costos de la estructura con bloques alivianados

1.6.2. Variables Independientes

- Componentes del hormigón celular (Espumante proteico animal RV-P24, cemento, agregado fino y agua)

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. HORMIGÓN

2.1.1. Definición del hormigón

El hormigón o también conocido como concreto, es uno de los materiales más usados dentro de la industria de la construcción debido a la durabilidad y capacidad para poder adaptarse a diversas formas a nivel estructural. Dicho material está compuesto por cemento, arena y grava, sin embargo, a esta mezcla se le pueden agregar diversos aditivos con la finalidad de mejorar o modificar sus propiedades de acuerdo a lo que se requiera. (Latorre Aizaga, 2024)

Se pueden obtener hormigones que manejen una variedad de propiedades resistentes mediante una correcta dosificación de sus componentes, los cementos, áridos, y métodos especiales de curado permiten que el producto obtenido pueda presentar propiedades aún más amplias. Los elementos que hacen que el concreto sea un material de construcción universal son extremadamente importantes tanto así que el hormigón ha sido usado desde épocas remotas a partir de su descubrimiento. (Winter et al., 2021)

Una de las características más importantes del hormigón es su resistencia a la compresión que al igual que las piedras naturales son sumamente elevadas, lo que hace que este material sea apto para usarse en elementos que están sometidos a cargas de compresión, sin embargo, al igual que la piedra natural, el hormigón presenta una desventaja, y es su fragilidad, es por eso que dentro de las obras civiles las propiedades del hormigón son complementadas por las propiedades del acero, dando como resultado el conocido hormigón armado. (Quayle et al., 2006)

Actualmente, el hormigón ha ido en constante evolución, lo que ha dado paso a la creación de variantes mucho más especializadas, como el hormigón autocompactante, el hormigón celular, y el hormigón de alta resistencia.

2.1.2. Componentes principales del hormigón

El hormigón al ser un material compuesto, se consigue a partir de la combinación de varios elementos. Los principales componentes del hormigón son: el cemento portland, los áridos finos, los áridos gruesos y de ser necesario se complementa con los aditivos.

Cemento Portland

El cemento para hormigón celular debe cumplir con los requisitos de ASTM C150/C150M (cemento Pórtland), ASTM C595/ C595M (cemento hidráulico mezclado) o ASTM C1157/C1157M (especificación de rendimiento para cemento hidráulico).

En este trabajo se utilizará cemento hidráulico de la marca Chimborazo, el cual cumple con lo establecido en la norma ASTM C150/C150M correspondiente al cemento Pórtland. Esta especificación contempla aspectos fundamentales como la resistencia a la compresión, el tiempo de fraguado, la finura, la expansión y la composición química, asegurando así que el material ofrezca un rendimiento confiable y adecuado para su aplicación en hormigón celular.

En la siguiente imagen, **Figura 1** se observa el cemento hidráulico Chimborazo, material utilizado como principal componente en la elaboración de hormigón celular.

Figura 1

Cemento Portland "Chimborazo"



Nota: Tomado de UCEM (2025)

Agua

Dentro de la mezcla de hormigón, el agua cumple dos funciones importantes, su primera función es actuar como iniciador del proceso de hidratación del cemento, lo cual es indispensable para el proceso del fraguado y endurecimiento. Por otro lado, hace que el hormigón sea trabajable en su estado fresco, otorga trabajabilidad a la mezcla en estado fresco. La relación agua/cemento (a/c) constituye uno de los parámetros más determinantes en el diseño de mezclas, ya que un exceso de agua genera mayor porosidad y disminución de resistencia, mientras que un déficit de agua dificulta la trabajabilidad y la correcta hidratación.

Áridos finos y gruesos

Los áridos representan entre el 60 % y el 80 % del volumen del hormigón, siendo así el componente que mayor proporción tendrá dentro de la mezcla. Estos componentes se dividen en áridos finos (arena) y áridos gruesos (grava o piedra triturada), cuya función principal es otorgarle resistencia, y estabilidad a la mezcla, reduciendo la cantidad de cemento necesaria. La granulometría, y la forma de los áridos son factores determinantes, debido a que estos afectan la densidad, la manejabilidad, la resistencia y la durabilidad del concreto. Un adecuado gradiente granulométrico permite optimizar la compacidad y reducir los vacíos, mejorando así el comportamiento estructural del material.

2.2. HORMIGÓN CELULAR

2.2.1. Definición del hormigón celular

El hormigón celular ha logrado alcanzar una mayor popularidad en el sector de la construcción. Este material, se lo conoce como aislante y ligero, muestra varias ventajas para los propietarios de viviendas como para los constructores (Mariana Petrova, 2023).

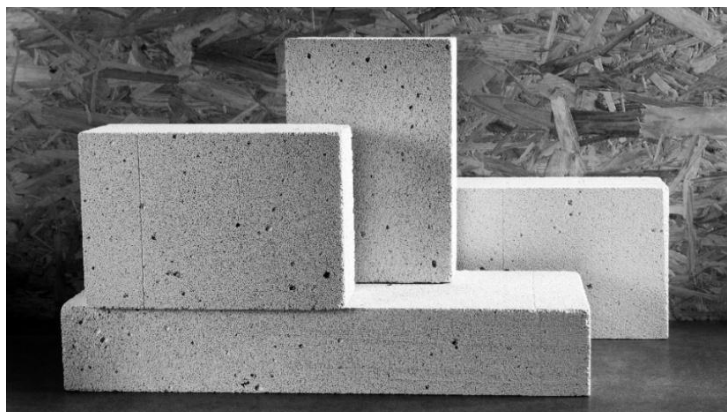
Cemento, cal, arena, agua y una pequeña parte de polvo de aluminio son los principales ingredientes para obtener un hormigón celular. Sus cualidades aislantes y su ligereza las cuales son características del material son el resultado de la reacción entre el polvo de aluminio y los ingredientes restantes, esto provocaría burbujas diminutas de aire en toda la mezcla.(Mariana Petrova, 2023).

Para conseguir el hormigón celular se debe mezclar los ingredientes y se vacía la mezcla en moldes. Por lo tanto, como resultado de esta reacción química, la mezcla se reduce y propaga. (Mariana Petrova, 2023)

En la presente imagen, **Figura 2**, se muestra la forma y apariencia del hormigón celular.

Figura 2

Hormigón celular



Nota: Tomado de Pavyurva Pavimentos (2025)

2.2.2. Clasificación del hormigón celular

Debido a la gran variedad de tipos de hormigones livianos presentes disponibles en el sector de la construcción, clasificarlos representa una tarea complicada, esto debido a que la fabricación de cada uno de estos puede variar dependiendo de los materiales y métodos que sean utilizados, lo que resulta en un producto final con propiedades variadas. (Rengifo y Yupangui, 2013)

No obstante, para poder diferenciar uno de otro, se puede optar por realizar una clasificación más generalizada, enfocándose en sus principales componentes aligerantes. A continuación, se presenta la clasificación de los tipos de hormigones celulares:

- a) **Hormigón de áridos ligeros:** Este tipo de hormigón usa áridos de baja densidad tales como: arcilla expansiva, la piedra pómez y los áridos de cenizas volantes.
- b) **Hormigón sin agregados finos:** En este tipo de hormigones, los agregados finos se omiten, reduciendo así la densidad del hormigón celular con respecto al hormigón tradicional.

En la imagen, **Figura 3** se muestra un bloque de hormigón sin agregado fino, caracterizado por su apariencia porosa debido a la ausencia de arena en la mezcla

Figura 3

Hormigón sin agregados finos.



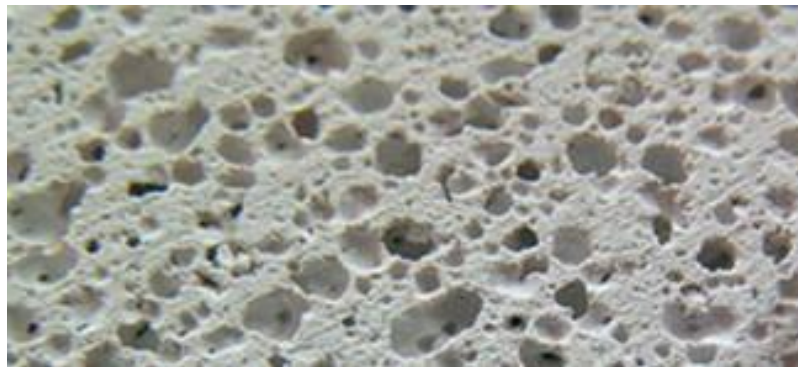
Nota: Tomado de Allan Block (2025)

c) **Hormigón celular, espumoso, aireado o gaseoso:** La composición de este hormigón se basa en cemento portland, agua, un gas o algún tipo de espumante, a diferencia del primer tipo de hormigón, este no contiene áridos en porcentajes muy altos y su densidad se maneja en rangos bajos. El proceso de fabricación se basa en mezclar cemento, arena, agua y luego incorporar el agente espumante hasta conseguir su consistencia celular. (Hamad, 2014)

En la imagen, **Figura 4** se muestra un bloque de hormigón celular espumoso, caracterizado por su ligereza y estructura con burbujas de aire.

Figura 4

Hormigón celular espumoso



Nota: Tomado de AC Reformas (2025)

2.2.3. Ventajas del hormigón celular

Chura (2014) menciona en su investigación titulada “Los beneficios del concreto celular”, que el concreto es el material que más se usa dentro de la industria de la construcción, pero que su alta densidad hace que exista una carga muerta bastante alta en las edificaciones, lo cual se traduce a costos elevados en las realizaciones de las obras, esto produce que se origine la necesidad de encontrar alternativas de material que logren reducir de manera significativa la carga muerta sin comprometer la calidad del mismo elemento estructural.

La estructura del hormigón celular le brinda a este material propiedades físicas bastantes ventajosas, tales como: la reducción de carga muerta debido a la

baja densidad que posee, además es un buen aislante térmico, resistente al fuego, resiste muy bien a los hongos, insectos y demás plagas, tiene características de autoventilación, es también un aislante acústico, maneja buena durabilidad, no es un material que sea tóxico, es impermeable, y su versatilidad hace que se pueda adaptar a cualquier tipo de proyecto. (Véliz Aguayo et al., 2023)

Arbito Gerardo (2016), añade que dentro de la producción del hormigón celular destaca su libertad para transportarlo, su trabajabilidad, además destaca que se pueden realizar fabricaciones de piezas de mayor tamaño, también, se recalca la rapidez con la que se puede llegar a construir ya que, al ser más liviano, se permite manipular los elementos de grandes dimensiones de una manera mucho más rápida y efectiva.

2.2.4. Desventajas del hormigón celular

Dentro de la construcción, la valoración de los materiales de construcción representa un aspecto importante para garantizar el cumplimiento de las normativas técnicas y de seguridad, con el fin de evitar daños en estructuras o patologías constructivas a lo largo de la vida útil de la edificación, es por aquella razón que dentro de las evaluaciones de los materiales no solo es importante destacar sus ventajas, sino también identificar aquellas desventajas que pudieran afectar el correcto desempeño del material en diversas condiciones.

Cruz y Anrango (2023) mencionan en su proyecto de titulación varias desventajas que tiene el construir con hormigón celular, hacen alusión a que el proceso de dosificación, mezcla y curado del hormigón celular debe realizarse con extrema cautela, esto debido a que cualquier error por mínimo que sea en su proceso de producción, alterará de manera significativa las propiedades del producto final. También, se destaca como desventaja que el encofrado que se requiera para usar el material, requerirá una adecuada supervisión.

Cevallos Macías y Gonzabay Asencio (2020) señalan que otras de las desventajas es su alto costo de producción, además de que al ser un material que tiene gran cantidad de poros lo hace susceptible a ser vulnerables a los agentes

químicos, otras de las desventajas se deben precisamente a su porosidad, pues esta propiedad hace que sea complicado llegar a resistencias requeridas.

2.3. BLOQUES DE HORMIGÓN ESTÁNDAR

2.3.1. Definición de bloque de hormigón estándar

Los bloques o también conocidos como blocks, son elementos prefabricados que dentro del sector de la construcción sirven para levantar paredes, a pesar de que comúnmente se lo conozca como bloques, el nombre adecuado es block de concreto. Estos bloques están fabricados con mezcla de concreto tradicional, es decir, están realizados a base de cemento, agua, grava y arena, sin embargo, a esta mezcla se le puede añadir diversos aditivos para poder alterar el lapso de curado y en muchas ocasiones para poder aumentar la resistencia a la compresión. (Madrid et al., 2022)

El proceso de fabricación de este tipo de blocks es relativamente sencillo y bastante económico, sin embargo, puede ser un poco retardado de acuerdo a la cantidad de bloques requeridos, en su mayoría los bloques de concreto presentan una característica muy particular y es su diseño con huecos de varios tamaños, los cuales tienen como objetivo principal permitir el paso de elementos como el acero y el mortero que permite el pegado de cada una de las piezas. (Chávez, 2022)

En la imagen, **Figura 5** se observa un bloque de hormigón estándar, comúnmente utilizado en construcción por su resistencia y durabilidad.

Figura 5

Bloque de hormigón estándar.



Nota: Tomado de CorBlock (2025)

2.3.2. Clasificación y dimensiones del bloque de concreto

Clasificación

De acuerdo con el INEN (2016), los bloques de hormigón se pueden llegar a clasificar de acuerdo a su uso y densidad, A continuación, se presentan la tabla de clasificación del bloque de hormigón de acuerdo a su uso:

Tabla 1

Bloques de hormigón de acuerdo a su uso

Clase	Uso
A	Mampostería estructural
B	Mampostería no estructural
C	Alivianamiento en losas

Nota: Tomado de la NTE INEN 3066 (2016)

Por lo consiguiente, también se presenta la tabla de clasificación del bloque de hormigón de acuerdo a sus densidades:

Tabla 2

Bloques de hormigón de acuerdo a su densidad

Tipo	Densidad del hormigón (kg/m³)
Liviano	< 1680
Mediano	1680 a 2000
Normal	> 2000

Nota: Tomado de la NTE INEN 3066 (2016)

Dimensiones

Las medidas de los bloques de hormigón suelen estar estandarizadas, en embargo, pueden presentar variaciones de acuerdo a la zona o región en donde se los adquieran, por lo general, las medidas más usuales suelen ser de 20 x 20 x 40 cm, no obstante, podría existir un convenio entre el fabricante y el comprador pueden fabricarse bloques con medidas diferentes con respecto a la tabla 4, siempre y cuando cumplan con las normas técnicas ecuatorianas. (INEN, 2016)

Existe una tolerancia máxima permitida tanto para el largo, ancho, y la altura real, la cual debe de ser de ± 3 mm de las medidas nominales respectivas, en cuanto al espesor mínimo de paredes y tabiques tendría que ser de 13mm para los blocks de las clases B y C, además el área y espesores mínimos de tabiques y paredes para los blocks de clase A, se detallan a continuación:

Tabla 3

Dimensiones mínimas de paredes y tabiques, bloques Clase A

Ancho modular del bloque (mm)	Espesores mínimos de paredes y tabiques (mm)		Área mínima normalizada de tabiques (mm ² /m ²)
	Paredes	Tabiques	
≤ 100	19	19	45140
101 a 150	25	19	45140
> 150	32	19	45140

Nota: Tomado de la NTE INEN 3066 (2016)

Dimensiones modulares y nominales del bloque de hormigón

Las dimensiones nominales del bloque de concreto se refieren al tamaño estándar en donde incluye el grosor de la junta del mortero y es usado para realizar una planificación y estimación en la construcción. En consecuencia, las dimensiones nominales son el tamaño del block que cuando se suman a las juntas del mortero se acoplan a un sistema modular de construcción, permitiendo así una correcta coordinación entre los diversos elementos constructivos.

En la **Tabla 4**, se presentan las dimensiones modulares y nominales de los bloques de hormigón.

Tabla 4

Dimensiones modulares y dimensiones nominales de los bloques de hormigón

Dimensiones modulares (nM)			Dimensiones modulares (mm)			Dimensiones nominales (mm)		
Largo	Ancho	Altura	Largo	Ancho	Altura	Largo	Ancho	Altura
4	3	2	400	300	200	390	290	190
3	2	2,5/ 1,5	300	200	250	290	190	240
2	1	1	200	100	150	190	90	140
					100			90

Nota: Tomado de la NTE INEN 3066 (2016)

2.4. BLOQUE DE HORMIGON ALIVIANADO

2.4.1. Definición del bloque alivianado

Abhilasha et al. (2023) definen al bloque de hormigón celular o también conocido como bloque AAC como un material de construcción prefabricado que tiene como característica principal ser ligero, ser aislante térmico y presentar una baja densidad, esto debido a la incorporación de burbujas de aire en el interior de su estructura.

2.4.2. Ventajas y desventajas frente al bloque estándar

Dentro del ámbito de la construcción, es importante elegir correctamente los materiales, puesto que termina siendo un factor determinante en la calidad y eficiencia de las edificaciones. Cuando se habla de sistemas constructivos es inevitable no pensar en la mampostería de bloques de hormigón tradicional, esto debido a la versatilidad y calidad de los mismos, sin embargo, últimamente los

bloques de hormigón celular han ganado relevancia en estos años por lo que realizar la comparación de estos dos materiales resulta fundamental, ya que cada uno de estos presentan ventajas y desventajas en su uso, las cuales pueden influenciar de manera directa en los costos, sostenibilidad, durabilidad y desempeño estructural eficiente en las edificaciones.

De acuerdo con Dream Civil (2022) se pueden llegar a recalcar varias ventajas que tiene el uso del bloque de hormigón celular, las cuales se enlistan a continuación:

- Son ecológicos y sostenibles
- Son ligeros
- Presentan un buen aislamiento térmico
- Son resistentes al fuego
- Son fáciles de trabajar
- Reduce eficientemente el tiempo de construcción de edificaciones

No obstante, Mir Concrete Block (2022) menciona que los bloques de hormigón celular no solo tienen grandes ventajas, sino que también presenta desventajas que pueden hacer que usarlos en la construcción no sea tan viables con respecto a los bloques tradicionales, a continuación, se resaltan las principales desventajas.

- Son frágiles por naturaleza
- Son más propensos a grietas
- Problemas de adherencia con el enlucido
- Requiere mano de obra calificada

2.4.3. Uso y aplicaciones en edificaciones

Aircrete Europe (2021) menciona que los bloques de hormigón celular manejan una amplia gama de aplicaciones dentro del sector de la construcción, debido a sus propiedades como su baja densidad, su buen aislamiento térmico y

acústico, su eficiente resistencia al fuego y su facilidad de manejo. A continuación, se mencionan los usos y aplicaciones del bloque de hormigón celular:

- Muros para divisiones interiores
- Muros exteriores
- Muros portantes
- Muros cortafuegos
- Para aligerar losas

2.5. EL ESPUMANTE PROTEICO COMO INSUMO PARA LA ELABORACION DE BLOQUES ALIVIANADOS

2.5.1. Definición del espumante proteico

Un espumante proteico es una proteína o mezcla de proteínas que tienen la capacidad de formar y garantizar la obtención de espuma cuando se les somete a procesos de agitación o cuando se les añaden burbujas de gas en una solución acuosa. La estructura molecular de las proteínas puede absorberse en la interfase aire-agua, lo cual forma películas alrededor de las burbujas de aire, lo cual ayuda a reducir la tensión superficial, lo que a su vez ayuda a que se forme la espuma de manera adecuada. (Cermeño et al., 2024)

Cruz y Anrango (2023) mencionan en su trabajo de titulación que los agentes espumantes obtenidos a partir de la proteína tienen un peso de 80 g/lit aproximadamente y que estas son obtenidas mediante las proteínas de animales, huesos, cuernos o inclusive sangre, también hacen referencia a que, debido a la naturaleza de estas materias primas, los agentes espumantes pueden presentar variaciones en su calidad, y que a menudo generan olores intensos

2.5.2. Función del espumante proteico en bloques alivianados

En el hormigón celular, los agentes espumantes proteicos funcionan como aditivos que permiten formar una estructura hueca controlada, lo que hace que se reduzca la densidad del material y logrando mejorar sus propiedades térmicas y acústicas. (Hashim y Tantray, 2021)

Dentro de las principales funciones que tiene el espumante proteico en bloques de hormigón alivianado son:

- Generación de burbujas de aire controlados.
- La proteína funciona como un tensoactivo natural, lo cual forma una película alrededor de las burbujas de aire injertadas durante el proceso de mezclado, lo cual evita que las burbujas colapsen de manera rápida, permitiendo así que el bloque conserve una uniformidad en su estructura porosa.
- Las proteínas actúan como agentes reguladores en la distribución y estabilidad de las burbujas, lo cual genera poros finos y uniformes que permiten el mejoramiento de propiedades térmicas y acústicas del bloque.
- La estructura hueca generada por el agente espumante proteico hace que se reduzca la conductividad térmica y la transmisión sonora, haciendo que los bloques AAC sean se vuelvan más eficientes.

2.6. SUSTANCIAS QUÍMICAS Y EQUIPOS

2.6.1. Proteína de origen animal

La proteína de origen animal (sangre) es un agente tensoactivo natural, esto quiere decir que reduce la tensión superficial del agua, lo cual permite que el aire se disperse en forma de burbujas finas y estables. Cuando se airea una solución que contiene proteínas, estas entran en un proceso de desnaturalización parcial, formando así una película elástica y resistente que logra que la espuma se mantenga estable. (Hutapea et al., 2023)

En la **Figura 6**, se observa la proteína de origen animal, utilizando como agente espumante para la elaboración del hormigón celular alivianado.

Figura 6

Proteína de origen animal.



Nota: *Elaboración propia*

2.6.2. Ácido cítrico

El ácido cítrico es un compuesto orgánico que se puede encontrar de manera natural en frutas y verduras. Dentro de la industria de la construcción se puede emplear como agente retardante en una mezcla de hormigón. Al usarse como retardante tiene como resultado la afectación del endurecimiento y la resistencia a la compresión del concreto, sin embargo, se requerirá un control adecuado en la dosificación de este ácido. (Purnomo et al., 2019)

En la **Figura 7** se observa el ácido cítrico, utilizado como aditivo en la elaboración del agente espumante para el hormigón celular.

Figura 7

Ácido cítrico empleado en el proceso experimental.



Nota: *Elaboración propia*

2.6.3. Hidróxido de sodio

El hidróxido de sodio es un sólido blanco cristalino inodoro que absorbe la humedad presente en el aire. Es una sustancia que cuando se diluye en agua o se neutraliza con algún tipo de ácido libera una gran cantidad de calor que es suficiente para realizar procesos de combustión. (Romero Bonilla et al., 2015)

En la **Figura 8** se muestra el hidróxido de sodio, empleado como componente químico en la preparación del agente espumante para el hormigón celular.

Figura 8

Hidróxido de sodio o lejía.



Nota: *Elaboración propia*

2.6.4. Goma de xantana

La goma de xantana es un polisacárido con carga negativa que es producto del fermentado de la bacteria *Xanthomonas campestris*, si bien, el uso de la goma de xantana se explora generalmente en la ciencia de alimentos dentro del marco investigativo de la ingeniería civil se han logrado desarrollar varios materiales alternativos para ser usados como sustitutos de aditivos que se disponen de manera convencional. Dentro de las investigaciones realizadas se han buscado mejorar las propiedades del cemento y mejorar la viscosidad del hormigón, dando como resultado a la creación de materiales que en su mayoría contribuyen a formación de un gel denso C-S-H, que funciona como material de relleno, lo cual logra que se

reduzca la porosidad del hormigón, aumentando así su resistencia. (Selvakumar & Kumarasamy, 2024)

En la **figura 9** se observa la goma xanthana, utilizada con espesante y estabilizante en la mezcla del agente espumante para el hormigón celular.

Figura 9

Goma de Xanthan.



Nota: *Elaboración propia*

2.6.5. Bomba neumática

Una bomba neumática, es un tipo de bomba que tiene como fuente de energía el uso de aire comprimido para mover fluidos y se caracteriza por su versatilidad y resistencia para poder bombear desde materiales líquidos hasta viscosos. Su principal funcionamiento se basa en el movimiento alterno de diafragmas que realizan la succión del fluido por un lado y expulsándolo por el otro, generando así un flujo continuo. (Inducom ECUADOR, 2023)

En la **Figura 10**, se muestra una bomba neumática de aire comprimido, empleada para generar y mezclar la espuma utilizada en la elaboración del hormigón celular alivianado.

Figura 10

Bomba neumática de aire comprimido.



Nota: *Elaboración propia*

2.6.6. Compresor de aire

Un compresor de aire es un equipo que genera aire comprimido en velocidades variadas, lo cual permite que los trabajos se realicen de una manera más rápida y eficiente. El aire comprimido proporciona una potencia considerable que se puede emplear como fuente de energía en múltiples procesos. (Chicago Pneumatic, 2020)

En la **Figura 11**, se muestra el compresor de aire comprimido, utilizado para suministrar presión al sistema de generación de espuma en la producción de hormigón celular alivianado.

Figura 11

Compresor de aire comprimido.



Nota: *Elaboración propia*

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION

3.1.1. Tipo de investigación

En el trabajo de titulación presentado se aplicará la “investigación aplicada”, Vargas Cordero (2009) menciona que este tipo de investigaciones son un procesos sistemático y científico que trata de encontrar soluciones a los problemas encontrados en la vida real, en la cual se buscan aplicar conocimientos previos para desarrollar soluciones, mejorar procesos, productos o a su vez servicios.

En relación con el tema de esta investigación, el objetivo es aplicar los conocimientos obtenidos mediante investigaciones para desarrollar bloques de hormigón celular aplicando agentes espumantes proteicos que cumplan con los lineamientos establecidos por las normas empleadas, esto, con el fin de evaluar la eficiencia y comprar los bloques AAC con respecto a los bloques de hormigón tradicional para así determinar su viabilidad en su uso en edificaciones.

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación de este trabajo de titulación es de tipo descriptivo-explicativo, esto debido, a que se basa en ir describiendo y detallando cada una de las características de las diversas alternativas constructivas, tanto en materiales, costos unitarios y posibles rendimientos, asimismo es explicativo porque se pretende determinar de qué manera el tipo de block influye de manera directa en el costo de construcción y elaboración, además se establece la viabilidad económica que tiene el realizar bloques de hormigón alivianado implementando el agente espumante proteico.

3.2. MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Método de investigación

Uno de los métodos de investigación ocupados en este trabajo es el método deductivo en donde, según Abreu (2014) parte de bases teóricas y normativas acerca del diseño y costos de bloques tradicionales y aligerados, en esta ocasión la información recaudada provino de normativas internacionales, revistas, artículos científicos, tesis de ingeniería y maestrías, las cuales fueron sumamente importantes para poder realizar el correcto desarrollo de la presente tesis.

El método cuantitativo también tiene participación en este proyecto, que tal como lo mencionan Cadena et al. (2017) es un método con enfoque científico en la que su aplicación se basa en datos numéricos, análisis estadísticos y diversas herramientas numéricas que buscan describir, explicar y controlar fenómenos, en este caso, se busca recolectar la información de costos de producción, y costos por unidad de los materiales usados en la elaboración del bloque de hormigón alivianado, para así obtener resultados precisos y que se puedan comparar entre sí.

3.2.2. Enfoque de investigación

El presente trabajo presenta un enfoque de investigación de tipo comparativo. Nohlen (2020), menciona que el enfoque comparativo es el procedimiento que compara de manera sistemática los objetos de estudio, que generalmente se aplica para llegar a generalizaciones empíricas y comprobaciones de hipótesis, en este caso, se busca comparar la eficiencia y viabilidad económica de los bloques de hormigón convencional y los bloques de hormigón celular para determinar si este último puede ser una buena alternativa para reemplazar el sistema constructivo de mampostería tradicional.

3.2.3. Diseño de investigación

Según Ramos Galarza (2021), el proceso de investigación surge de la necesidad que tiene el ser humano para poder brindar soluciones a los problemas mediante la aplicación del método científico. Desde el punto de vista del paradigma positivista, se plantea la opción de realizar investigaciones experimentales en donde la variable independiente es manipulada de manera intencionada para poder observar y analizar su impacto directo en la variable dependiente.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, se determina que el diseño de investigación de este proyecto es de tipo experimental, dentro del proceso de elaboración de la tesis se realizaron ensayos de laboratorio en donde cada una de las variables independientes fueron manipuladas a voluntad para poder obtener los resultados esperados.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.3.1. Población

La población de estudio se logra definir como un grupo de casos determinado, delimitado y de fácil acceso, la cual servirá como punto de referencia para poder seleccionar la muestra de acuerdo a ciertos parámetros establecidos. Una vez que se haya identificado la población de estudio, se deben establecer los criterios que deben cumplir los elementos participantes, dichas condiciones son conocidos como criterios de selección o elegibilidad que delimitan a la población que puede ser considerada apropiada para el estudio. (Arias Gómez et al., 2016)

De acuerdo a lo mencionado en el párrafo anterior, dentro del proyecto de investigación se ha determinado que la población son los bloques que se han fabricado bajo las diversas dosificaciones como por ejemplo los porcentajes de espumante, hidróxido de sodio, relación de agua, sangre hidrolizada y goma de xantana.

3.3.2. Muestra

López (2004) define a la “muestra” como un subconjunto o parte de la población en la que se realizará la investigación, también menciona que existen métodos para poder determinar la cantidad y los componentes de la muestra, en donde se incluyen fórmulas, o razonamientos lógicos. La muestra simboliza de manera equitativa las características que tiene la población.

En base a la definición presentada, la muestra considerada para el proceso de desarrollo del presente trabajo son las cantidades de pruebas realizadas con las diversas proporciones de goma de xantana, ácido cítrico y el componente proteico animal para poder obtener un pH óptimo.

3.3.3. Muestreo

Para Hernández & Carpio (2019) el muestreo es un método empleado para poder seleccionar los componentes de la muestra de la población, indica que consiste o se basa en un conjunto de normas y criterios mediante los cuales se eligen un conjunto de elementos de una población las cuales representan todo lo que sucede dentro de esa misma población.

En esta ocasión el tipo de muestreo empleado es el muestreo no probabilístico, esto debido a que se seleccionan de manera deliberada los porcentajes de los factores que influyen en la elaboración de los bloques de hormigón celular, tales como, el espumante proteico, dosificación del hidróxido de sodio, etc.

3.4. DESARROLLO METODOLÓGICO DEL OE.1

Con el propósito de alcanzar el desarrollo del objetivo específico propuesto, en el presente capítulo se describirán y presentarán los materiales, equipos y cada uno de los métodos empleados en el proceso de elaboración de las diversas mezclas.

3.4.1. Obtención del espumante proteico

a) Proceso de hidrólisis

La hidrólisis o hidrolización se produce cuando se emplean ácidos como por ejemplo el ácido clorhídrico o sustancias alcalinas como el hidróxido de sodio para realizar la descomposición de las proteínas en péptidos mucho más pequeños dando como resultado la formación de hidrolizados de proteínas que pueden aplicarse como ingredientes proteicos en alimentos. (Verschueren et al., 2007)

En la **Figura 12**, se puede observar la realización del proceso de cocción de la sangre hidrolizada para lograr una correcta estabilización del material.

Figura 12

Cocción de la sangre hidrolizada.



Nota: *Elaboración propia*

Relación proteína-hidróxido de sodio diluido

Para el desarrollo del proceso experimental se usó proteína animal (sangre), con el hidróxido de sodio (lejía) para realizar el proceso de hidrólisis. La relación que se usó fue de 2ltrs de sangre por 1ltr de hidróxido de sodio diluido al 20%.

Se usaron aproximadamente 7ltrs de sangre, por lo que se empleó una regla de 3 simple, dando como resultado la siguiente ecuación:

$$\begin{array}{l} 2\text{ltrs de sangre} \longrightarrow 1\text{ltr de hidróxido de sodio} \\ 7\text{ltrs de sangre} \longrightarrow X \end{array}$$

Como resultado de la ecuación, se obtuvo que se requerirán 3.5ltrs de hidróxido de sodio diluido al 20%.

Relación de hidróxido de sodio

El hidróxido de sodio al ser diluido al 20%, significará que por cada 1ltr de agua se usarán 200 gr de hidróxido de sodio.

Tiempo de hervido

El hidróxido de sodio se hervirá por aproximadamente 3 horas a una temperatura de 150°C para que toda la parte líquida de la sustancia se evapore hasta quedar únicamente sus componentes sólidos junto con la proteína.

Figura 13

Control de temperatura a 150 ° C a la cual fue cocinada la sangre hidrolizada.



Nota: Elaboración propia

En la **Figura 13**, se puede observar el proceso de control de temperatura que a la que fue sometida la cocción de la sangre hidrolizada.

Preparación de la dilución de goma de Xantana

La disolución de la goma de xantana se basará en que por cada 1ltr de agua se requerirán 10 gr de goma, se mezclarán los ingredientes por 20 minutos, para luego dejar reposando otros 5 minutos y finalmente quitar los grumos existentes en la mezcla.

En la **Figura 14**, se logra apreciar la preparación de la dilución de la goma de xantana diluida para la preparación del agente espumante.

Figura 14

Preparación de la goma de xantana diluida.



Nota: Elaboración propia

Pruebas de goma de xantana diluida con sangre hidrolizada

Para el proceso experimental se procederá a tomar 5 muestras en botellitas, en las cuales se introducirán 50ml de sangre hidrolizada, cada una de las muestras fueron etiquetadas como muestra A, B, C y D. A continuación, se presenta una tabla con el número de muestras y la cantidad de goma de xantana utilizadas en cada una de las pruebas.

Tabla 5

Cantidad de goma de xantana diluida por cada muestra.

Prueba	Goma de Xantana diluida (ml)
A	5
B	10
C	20
D	40

Nota: *Elaboración propia*

Se mezclarán cada una de las muestras con sus respectivas disoluciones asignadas, para luego evaluar la estabilidad y duración de la espuma generada como producto de la mezcla, en donde finalmente, se logró determinar que la muestra D fue la que mejores resultados obtuvo.

Preparación de la disolución de ácido cítrico ($C_6H_8O_7$)

Por cada 100 ml de agua, se usarán 10 gr de ácido cítrico, por lo que para preparar 1ltr de disolución de $C_6H_8O_7$, se hará uso de una regla de 3 simple:

$$100 \text{ ml de agua} \longrightarrow 10 \text{ gr de ácido cítrico}$$

$$1000 \text{ ml de agua} \longrightarrow X$$

Como resultado de la operación se obtuvo que se requerirán 100 gr de ácido cítrico. Posteriormente, se realiza la dosificación con la goma de xantana y la sangre hidrolizada. Para esta ocasión se usarán 80 ml de goma de Xantana por cada litro de sangre empleado. Luego, se realizan las pruebas con la sangre hidrolizada + la goma de xantana diluida al 20% + $C_6H_8O_7$.

Dentro de este proceso de experimentación, se realizaron 3 ensayos experimentales, en donde, se buscaba llegar a la creación de burbujas estables.

En la **Tabla 6**, se realiza el resumen de los resultados que fueron obtenidos del primer ensayo experimental realizado.

Tabla 6*Resultados del primer ensayo experimental realizado.*

N° Prueba	Dosificación	pH
1	500 ml de sangre	11,34
	40 ml de goma de xantana	
	2 ml de ácido cítrico diluido	
2	500 ml de sangre	11,32
	40 ml de goma de xantana	
	10 ml de ácido cítrico diluido	
3	500 ml de sangre	11,25
	40 ml de goma de xantana	
	20 ml de ácido cítrico diluido	
4	500 ml de sangre	11,24
	40 ml de goma de xantana	
	30 ml de ácido cítrico diluido	
5	500 ml de sangre	11,08
	40 ml de goma de xantana	
	50 ml de ácido cítrico diluido	
6	500 ml de sangre	11,03
	40 ml de goma de xantana	
	70 ml de ácido cítrico diluido	
7	500 ml de sangre	10,98
	40 ml de goma de xantana	
	90 ml de ácido cítrico diluido	
8	500 ml de sangre	10,58
	40 ml de goma de xantana	
	110 ml de ácido cítrico diluido	
9	500 ml de sangre	10,10
	40 ml de goma de xantana	
	130 ml de ácido cítrico diluido	
10	500 ml de sangre	9,90
	40 ml de goma de xantana	
	150 ml de ácido cítrico diluido	

	500 ml de sangre	
11	40 ml de goma de xantana	8,36
	180 ml de ácido cítrico diluido	

Nota: *Elaboración propia*

En este segundo ensayo experimental se procedió a buscar un pH de 7, con el objetivo de verificar la estabilidad de la espuma originada, los resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 7**.

Tabla 7

Resultados del segundo ensayo experimental realizado.

N° Prueba	Dosificación	pH
	500 ml de sangre	
1	40 ml de goma de xantana	8,71
	290 ml de ácido cítrico diluido	
	500 ml de sangre	
2	40 ml de goma de xantana	8,38
	230 ml de ácido cítrico diluido	
	500 ml de sangre	
3	40 ml de goma de xantana	7,20
	390 ml de ácido cítrico diluido	
	500 ml de sangre	
4	40 ml de goma de xantana	6,86
	420 ml de ácido cítrico diluido	
	500 ml de sangre	
5	40 ml de goma de xantana	7,06
	395 ml de ácido cítrico diluido	
	500 ml de sangre	
6	40 ml de goma de xantana	7,04
	38} ml de ácido cítrico diluido	
	500 ml de sangre	
7	40 ml de goma de xantana	7,00
	400 ml de ácido cítrico diluido	

Nota: *Elaboración propia*

En la tercera experimentación se buscó encontrar una dosificación apropiada para lograr obtener un pH de 6, los resultados obtenidos de este proceso de experimentación se resumen en la **Tabla 8**.

Tabla 8

Resultados del tercer ensayo experimental realizado.

N° Prueba	Dosificación	pH
1	500 ml de sangre	6,90
	40 ml de goma de xantana	
	400 ml de ácido cítrico diluido	
2	500 ml de sangre	6,69
	40 ml de goma de xantana	
	400 ml de ácido cítrico diluido	
3	500 ml de sangre	6,00
	40 ml de goma de xantana	
	400 ml de ácido cítrico diluido	

Nota: *Elaboración propia*

Figura 15

Realización de las 3 pruebas de sangre + goma xantana + ácido cítrico con sus respectivos pH.



Nota: *Elaboración propia*

Determinación de la relación óptima de dilución agua–proteína hidrolizada–goma xantana

En este proceso, se realizarán las respectivas diluciones para un volumen de 1 ltr, en donde se efectuarán alrededor de 5 pruebas, en las cuales cada dilución tendrá las siguientes relaciones:

- Dilución 9:1: en esta relación se colocarán 900 ml de agua y 100 ml de concentrado de proteína hidrolizada con la goma de xantana.
- Dilución 4:1: en esta relación se colocarán 800 ml de agua y 200 ml de concentrado de proteína hidrolizada con la goma de xantana.
- Dilución 2,3:1: en esta relación se colocarán 700 ml de agua y 300 ml de concentrado de proteína hidrolizada con la goma de xantana.
- Dilución 1,5:1: en esta relación se colocarán 600 ml de agua y 400 ml de concentrado de proteína hidrolizada con la goma de xantana.
- Dilución 1:1: en esta relación se colocarán 500 ml de agua y 500 ml de concentrado de proteína hidrolizada con la goma de xantana.

Tras realizar las diluciones, se agitaron las mezclas hasta generar espuma. Se consideró óptima aquella mezcla que logró permanecer estable por al menos 24 horas. Luego de un día, la dilución 1:1 mostró la mejor estabilidad, por lo que se elaborará en mayor cantidad para las pruebas de densidad.

En la **Figura 16**, se aprecian las diluciones obtenidas con el agua más el concentrado de proteína hidrolizada y la goma de xantana.

Figura 16

Diluciones con agua y concentrado de nuestra sangre + goma xantana.



Nota: *Elaboración propia*

Determinación de la relación óptima de proteína hidrolizada-RV2020-jaboncillo

Al realizar la mezcla con agua-proteína hidrolizada y la goma de xantana, se logró observar esta no era apta, debido a que las burbujas se reventaron antes de que el hormigón fraguara, por lo que se recurrió a la elaboración de una nueva mezcla, cuyo proceso se muestra a continuación:

- En primer lugar se realizó la preparación del jaboncillo, tal como se muestra en la **Figura 17**, se pesó 80 gr de la cascara del jaboncillo y se lo llevó a cocción en un litro de agua, después de liberar todo su componente, se la lanza en una probeta para saber cuánto se ha consumido del litro, después de las mismas cascara se la vuelve a llevar a cocción con otro litro de agua para que se terminen de desprender todos sus componentes, después de haber hervido se lanza el líquido en la misma probeta para completar el litro de jaboncillo, el proceso se lo repetirá varias veces hasta obtener la cantidad necesaria para la mezcla.

Figura 17

Muestras de jaboncillo pesadas en la balanza electrónica.



Nota: Elaboración propia

- Para la preparación de RV-2020 se usó tensoactivo, estabilizante y espesante la cual se diluyó en un litro de agua tibia, se usó 50 gr de tensoactivo, 1 gr de estabilizante y 4 gramos de espesante, se lo agitó hasta lograr eliminar los grumos, una vez preparado la cantidad adecuada de RV 2020 para realizar la mezcla, se procederán a realizar las respectivas pruebas con la mezcla obtenida.
- Por cada litro de jaboncillo se le agregarán 350 ml de RV 2020, una vez que se haya obtenido esta mezcla, se procederá a usar en una probeta 800 ml de esta mezcla y 200 ml de proteína hidrolizada.
- En esta prueba se pudo observar que la espuma salió de manera estable y con una densidad de 80 kg/m³, lo cual al mezclarla con el cemento se logró obtener una mezcla homogénea y eficiente.

3.4.2. Elaboración de cilindros

Una vez encontrado la dosificación adecuada para la creación de la espuma, se procedió a realizar el proceso de fundición de las muestras de cilindros.

- Se realiza una mezcla homogénea entre el cemento, arena, agua y el agente espumante, para luego tomar una muestra de la mezcla y así obtener una densidad de 800 kg/m³.
- Después, se realizó el agente espumante con la mezcla obtenida anteriormente y una vez obtenida la espuma, se procedió a realizar la mezcla de hormigón celular.
- Después de 24 horas, se realiza el desencofrado de los cilindros, en donde se observa que sus dimensiones presentan una disminución en su altura, lo cual demuestra que la mezcla realizada es apta para realizar los bloques alivianados. Logrando así obtener una densidad de 850kg/m³, misma que se encuentra dentro del rango de un hormigón de densidad de 800 kg/m³.

- Una vez desencofrados, se realizará la respectiva curación de los cilindros y su posterior rotura.

En la **Figura 18** se muestran los cilindros de hormigón celular realizados durante el proceso de experimentación.

Figura 18

Muestras de cilindro de hormigón celular.



Nota: *Elaboración propia*

3.4.3. Fundición de bloques

- Una vez que los ensayos realizados demostraron que la mezcla de hormigón elaborada era óptima, se realizó la fundición de los bloques de hormigón, en donde se obtuvo 0.117 m^3 para la fabricación de 20 bloques alivianados.
- Una vez elaborada la mezcla de hormigón, se tomó el peso hasta obtener una densidad de 850 kg/m^3 .
- Luego de obtener el peso correspondiente, se prosiguió con la respectiva fundición de los bloques.
- Después de transcurridas las 24 horas, se procedió a desencofrar y a curar el hormigón para realizar las respectivas roturas.

Figura 19

Realización de los bloques de hormigón celular.



Nota: Elaboración propia

3.5. DESARROLLO METODOLÓGICO DEL OE.2

Con el fin de lograr desarrollar el objetivo específico planteado, será necesario, realizar la recopilación de los planos correspondientes para luego proceder a realizar las técnicas de metrados correspondientes, en esta ocasión se aplicará el software REVIT para poder efectuar de manera correcta la cuantificación del material necesario.

3.5.1. Diseño arquitectónico

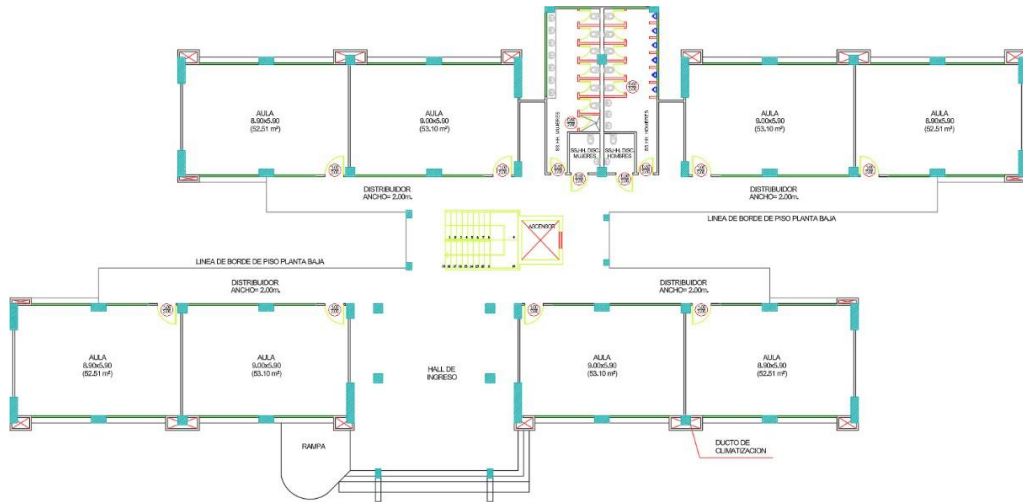
En la **Figura 20**,

Figura 21 y

Figura 22, se detallan cada una de las distribuciones arquitectónicas de los pisos del pabellón universitario.

Figura 20

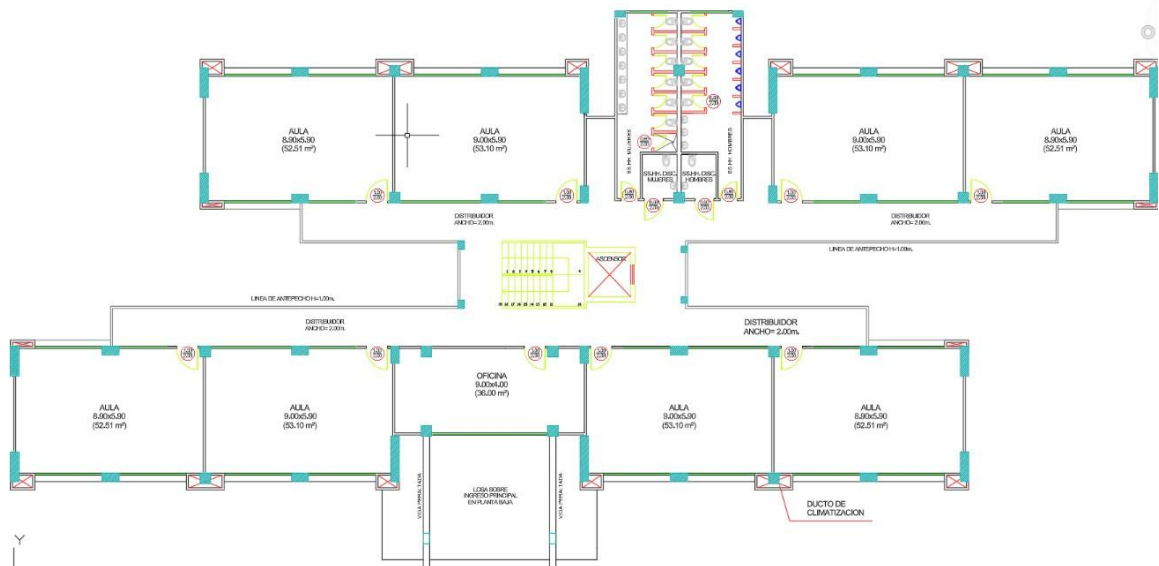
Distribución arquitectónica de planta baja.



Nota: Tomado de Universidad Estatal Península de Santa Elena (2025)

Figura 21

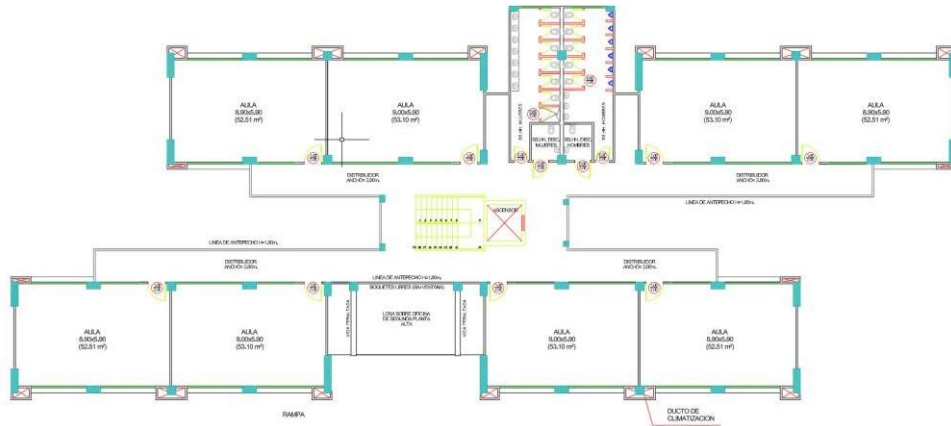
Distribución arquitectónica del primer y segundo piso alto.



Nota: Tomado de Universidad Estatal Península de Santa Elena (2025)

Figura 22

Distribución del cuarto piso alto.



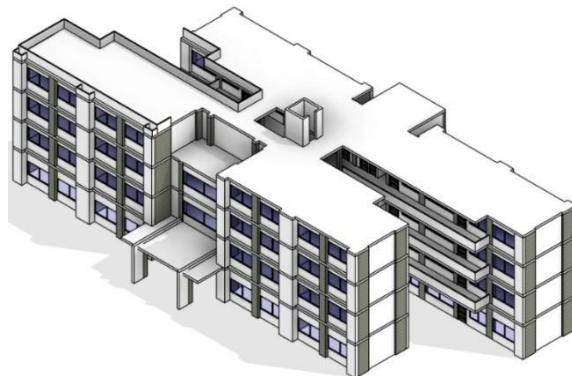
Nota: Tomado de Universidad Estatal Península de Santa Elena (2025)

3.5.2. Modelado 3D del pabellón universitario en REVIT

Dentro del programa Revit, se procederá a configurar los parámetros necesarios para poder realizar un correcto modelado del edificio, el proceso del modelado iniciará a partir de la vinculación de los planos correspondientes dentro de la interfaz del programa, como resultado del manejo adecuado del programa se obtuvo una estructura debidamente modelada, en la cual se pudieron obtener los metrados de los bloques de mampostería requeridos, tal como se lo muestra en la **Figura 23** y en la **Figura 24**.

Figura 23

Modelado 3D del pabellón de aulas en el software REVIT.



Nota: Elaboración propia

3.5.3. Cuantificación de mampostería, mediante las tablas de planificación de Revit.

Figura 24

Tabla de cuantificación de mampostería.

<Cuantificación de mampostería>		
A	B	C
Tipo	Material: Descripción	Material: Área
MAMPOSTERÍA DE BLOQUES (9x19x39)CM	Material Base	3206.64 m ²
MAMPOSTERÍA DE BLOQUES (9x19x39)CM: 538		3206.64 m ²
		3206.64 m ²

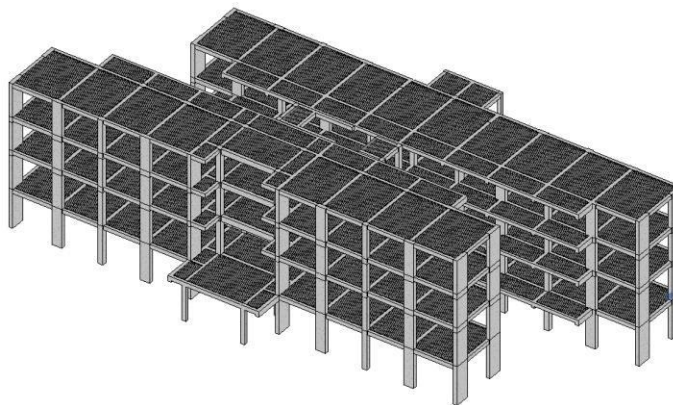
Nota: *Elaboración propia*

3.5.4. Modelado 3D estructural del pabellón universitario en REVIT

Se procedió a modelar la parte estructural de la edificación, siguiendo la misma metodología del proceso anterior, en donde se vincularon los planos de estructuras para poder tener una correcta guía y a su vez un correcto modelado de la estructura, en este caso se considera necesario modelar a detalle cada una de las losas, pues, se requerirá la cuantificación de bloques alivianados, como resultado se obtuvo el metrado correspondiente de los bloques usados para aligerar las losas.

Figura 25

Modelado estructural 3D del pabellón de aulas en el software REVIT.



Nota: *Elaboración propia*

3.5.5. Cuantificación de bloques alivianados para losas, mediante las tablas de planificación de REVIT

Figura 26

Tabla de cuantificación de bloques alivianados para losas.

Tabla de planificación de bloques alivianados	
A	B
Tipo	Recuento
BLOQUES ALIVIANADOS 15X20X40 cm. PAR 35024	
	35024

Nota: *Elaboración propia*

3.6. DESARROLLO METODOLÓGICO DEL OE.3

Para cumplir con el presente objetivo, se planteará una metodología estructurada que comprenderá la recopilación de información del proyecto para la elaboración de los análisis de precios unitarios. Posteriormente, se efectuará la comparación detallada de los costos obtenidos, en donde se identificarán los componentes que afectan en cada una de las diferencias económicas entre ambos sistemas de construcción.

3.6.1. Análisis de Precios Unitarios

Una vez que se determinaron las cantidades de material que se emplearán para la elaboración de los bloques de hormigón celular, se procederá a realizar los respectivos análisis de precios, se tendrá en cuenta que los precios de los materiales usados durante el proceso de elaboración de los bloques de hormigón celular fueron obtenidos mediante cotizaciones al proveedor de Disensa “TYR Asociados”, ubicado en el cantón Salinas frente al polideportivo Benjamín Carrión.

Además, los datos del valor de las maquinarias, costos de mantenimiento, electricidad, transporte y montajes fueron obtenidos del trabajo de investigación titulado: “EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD FINANCIERA PARA LA

CREACIÓN DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE HORMIGÓN CELULAR EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA” (Barzola Lissette, 2025).

También, se recalca que el análisis de precios en maquinarias y mano de obra están calculadas para la producción en grandes cantidades de los bloques de hormigón celular, y los datos del costo de mano de obra fueron tomados de la Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON), con valores actualizados al año 2025.

Tabla 9

Análisis de precios de bloques de hormigón tradicional.

Rubro	Descripción	Un.	Cant.	Precio unitario	Precio total
01	BLOQUE DE LOSA				\$ 22.402,14
01.01	Bloques alivianados 15x20x40 cm (losa)	m ²	2451,00	9,14	22.402,14
02	BLOQUES DE MAMPOSTERÍA				\$ 58.521,18
02.01	Paredes de block (9x19x39 cm)	m ²	3.206,64	18,25	58.521,18
				TOTAL	\$ 80.923,32

Nota: *Elaboración propia*

Tabla 10

Análisis de precios de bloques de hormigón celular con espumante proteico.

Rubro	Descripción	Un.	Cant.	Precio unitario	Precio total
01	HORMIGÓN ARMADO				\$ 44.828,79
01.01	Bloques alivianados 15x20x40 cm (losa)	m ²	2451,00	18,29	44.828,79
02	MAMPOSTERÍA				\$ 73.015,19
02.01	Paredes de block (9x19x39 cm)	m ²	3.206,64	22,77	73.015,19
				TOTAL	\$ 117.843,98

Nota: *Elaboración propia*

CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL O.E1

Dentro del proceso experimental se realizaron diversos ensayos que buscaban determinar la dosificación óptima de la mezcla de hormigón alivianado para la elaboración de bloques aligerados con agente espumante proteico.

Mediante las pruebas realizadas se buscaba que las burbujas de aire se mantengan estables hasta que el hormigón fraguara, en embargo, durante el proceso de observación se evidenció que las burbujas de aire se rompían mucho antes de que el proceso de fraguado se cumpliera, por lo que fue necesario realizar mezclas de espumante añadiéndole diluciones de ácido cítrico.

Una vez que se realizaron los procesos experimentales correspondientes, se pudo observar que la mezcla de espumante con ácido diluido no cumplía con la función esperada, por lo que se decidió descartar por completo la inclusión de la dilución del ácido.

Luego de varias pruebas se logró comprobar que una mezcla de sangre hidrolizada + la goma de xantana diluida funcionaba de manera eficaz en el proceso de estabilización de las burbujas presentes en la mezcla de hormigón.

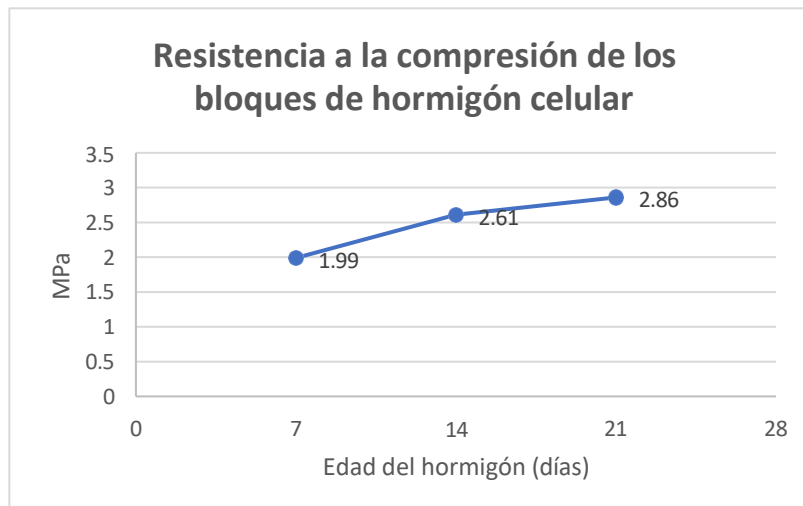
Finalmente, una vez que se logró encontrar la dosificación de hormigón adecuada, y habiendo fundido los bloques de hormigón, se los sometió a las pruebas de resistencia a la compresión, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 11*Resistencia a la compresión obtenida después del ensayo de rotura.*

Densidad	Edad del hormigón	Peso (kg)	Densidad (kg/m ³)	Fecha de rotura	Resistencia a la compresión obtenida (MPa)
Hormigón celular de densidad 800 kg/m ³	7	1,40	823,52	15/10/2025	1,95
		1,50	882,35	15/10/2025	2,00
		1,45	852,94	15/10/2025	2,02
	14	1,40	823,52	22/10/2025	2,58
		1,50	882,35	22/10/2025	2,60
		1,48	870,58	22/10/2025	2,65
	28	1,40	823,52	29/10/2025	2,83
		1,50	882,35	29/10/2025	2,86
		1,51	888,23	29/10/2025	2,89

*Nota: Elaboración propia***Tabla 12***Promedio de resistencia a la compresión obtenida después del ensayo de rotura.*

Densidad	Edad del hormigón	Peso (kg)	Densidad (kg/m ³)	Fecha de rotura	Resistencia a la compresión obtenida (MPa)
Hormigón celular de densidad 800 kg/m ³	7	1,45	852,94	15/10/2025	1,99
	14	1,46	858,82	22/10/2025	2,61
	28	1,47	864,70	29/10/2025	2,86

*Nota: Elaboración propia***Figura 27***Gráfica de la resistencia a la compresión del hormigón celular a los 7, 14 y 28 días.*

De acuerdo a las resistencias obtenidas y de acuerdo a la norma INEN 638, se puede determinar que el bloque de hormigón celular curada a los 28 días puede ser considerado tipo D y E, lo cual a este tipo de bloque se lo considera para paredes divisorias exteriores, con revestimiento y paredes divisorias interiores con o sin revestimiento y losas alivianadas de hormigón armado.

Tabla 13

Tipos de bloques huecos de hormigón y sus usos.

TIPO	USO
A	Paredes exteriores de carga, sin revestimiento.
B	Paredes exteriores de carga, con revestimiento. Paredes interiores de carga, con o sin revestimiento.
C	Paredes divisorias exteriores, sin revestimiento.
D	Paredes divisorias exteriores, con revestimiento. Paredes divisorias interiores, con o sin revestimiento.
E	Losas alivianadas de hormigón armado.

Nota: Tomado INEN 638

Tabla 14

Requisitos de resistencia a la compresión que deben cumplir los bloques huecos de hormigón.

TIPO DE BLOQUE	Resistencia mínima a la compresión en MPa a los 28 días (ver nota 1) (Norma INEN 640).
A	6
B	4
C	3
D	2,5
E	2

Nota: Tomado INEN 638

Con el fin de evaluar el comportamiento físico de los materiales, se realizó un análisis comparativo del peso entre bloques convencionales y bloques de hormigón celular, considerando tanto los elementos utilizados en mampostería como en losas. Este análisis permitió identificar las diferencias en el peso unitario, siendo este un factor que influye de manera directa en la carga estructural, el transporte y la manipulación durante el proceso de ejecución.

A continuación, en la **Tabla 15** se muestra la comparación de la diferencia de peso entre los bloques convencionales y los bloques de hormigón alivianado.

Tabla 15

Tabla comparativa de los pesos de bloques convencionales vs bloques de hormigón alivianado.

DIFERENCIA DE PESOS DE BLOQUES					
Elemento constructivo	Unidad	Bloque convencional	Bloque alivianado	Diferencia de pesos	Diferencia (%)
Mampostería	KG	6,64	3,08	3,56	53,61%
Alivianamiento de losas	KG.	10,62	5,44	5,18	48,77%

Nota: *Elaboración propia*

El análisis comparativo de peso entre los bloques convencionales y los de hormigón celular muestra una diferencia significativa. En mampostería, el bloque tradicional presenta un peso de 6,64 kg, mientras que el bloque de hormigón celular registra 3,08 kg, con una variación aproximada del 53,61 %. En el caso de los bloques para losas, el hormigón celular tiene un peso de 5,44 kg frente a 10,62 kg del convencional, evidenciando una reducción del 48,77 % en el peso.

En la **Tabla 16**, se observa el resumen de las cargas muertas de cada uno de los elementos que conforman la estructura.

Tabla 16*Peso de la estructura con bloques convencionales.*

CARGAS MUERTAS DE LA ESTRUCTURA	
Elemento constructivo	Peso (kg)
Columnas	685.255,68
Vigas	548.889,45
Losa	513.563,61
Mampostería	276.797,16
Bloques alivianados para losas	371.954,88
Peso total de la estructura (kg)	2.396.460,78

*Nota: Elaboración propia***Tabla 17***Peso de la estructura con bloques aligerados.*

CARGAS MUERTAS DE LA ESTRUCTURA	
Elemento constructivo	Peso (kg)
Columnas	685.255,68
Vigas	548.889,45
Losa	513.563,61
Mampostería	128.393,87
Bloques alivianados para losas	190.530,56
Peso total de la estructura (kg)	2.066.633,17

*Nota: Elaboración propia***Tabla 18***Cuadro comparativo del peso de la estructura con ambos sistemas constructivos.*

TABLA DE COMPARACIÓN DE PESOS DE LA ESTRUCTURA		
<i>Peso con bloques convencionales</i>	Peso con bloques aligerados	Diferencia (%)
2.396.460,78 kg	2.066.633,17 kg	15.01

Nota: Elaboración propia

De acuerdo con la **Tabla 18**, se observan los pesos de la estructura sometidos a las cargas propias de los bloques convencionales contra el peso obtenido con los bloques de hormigón celular, se aprecia que existe una reducción del 15.01% del peso total de la estructura.

4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL O.E2

En el presente capítulo, se procederá a realizar el análisis de los resultados que se obtuvieron con respecto a los elementos constructivos en los que se ven intervenidos los bloques de hormigón.

En primer lugar, se realizó la identificación de los elementos constructivos en los que participan de manera directa los bloques de hormigón, esto permitió que se logre establecer un marco común de análisis para los dos tipos de bloques.

Tabla 19

Tabla de elementos constructivos con sus respectivos metrados.

Elemento constructivo	Unidad	Bloque convencional	Bloque alivianado	Diferencia (%)
Mampostería	m ²	3.206,64	3.206,64	0.00
Alivianamiento de losas	Un.	35.024	35.024	0.00

Nota: *Elaboración propia*

Como se puede observar en la **Tabla 19**, la diferencia entre el metrado de mampostería y aliviamiento de losas fue del 0%, debido a la correspondencia geométrica entre el sistema de bloque tradicional y bloque alivianado, es decir, que, al no alterar las dimensiones, ni la configuración de los elementos constructivos se mantendrá la misma cantidad de metrados para ambos sistemas.

La técnica de cuantificación usada en el presente proyecto logró garantizar la equidad técnica que se requiere para poder realizar la evaluación comparativa de los costos correspondientes.

4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL O.E3

4.3.1. Análisis de precios unitarios

Como se mencionó anteriormente, para garantizar una comparación justa entre ambos sistemas constructivos se mantuvo las mismas dimensiones entre bloques tradicionales y bloques alivianados. Sin embargo, antes de obtener el presupuesto final de los elementos constructivos se tuvo que realizar el APU de cada uno de las diluciones que integran o que forman parte del hormigón celular alivianado con el agente espumante proteico.

En la **Tabla 20** y **Tabla 21** se aprecian los precios del agente espumante proteico por cada litro preparado y el precio del hormigón con agente espumante por cada m³ respectivamente.

Tabla 20

Precio del agente espumante proteico por cada litro preparado.

Precio del agente espumante proteico por ltr		
Rubro	Unidad	P.U.
Agente espumante proteico	ltr	\$ 1,43

Nota: *Elaboración propia*

Tabla 21

Precio del hormigón alivianado con agente espumante por m³.

Precio del hormigón celular con agente espumante proteico por m³		
Rubro	Unidad	P.U.
Hormigón celular	m ³	\$ 108,44

Nota: *Elaboración propia*

Tabla 22

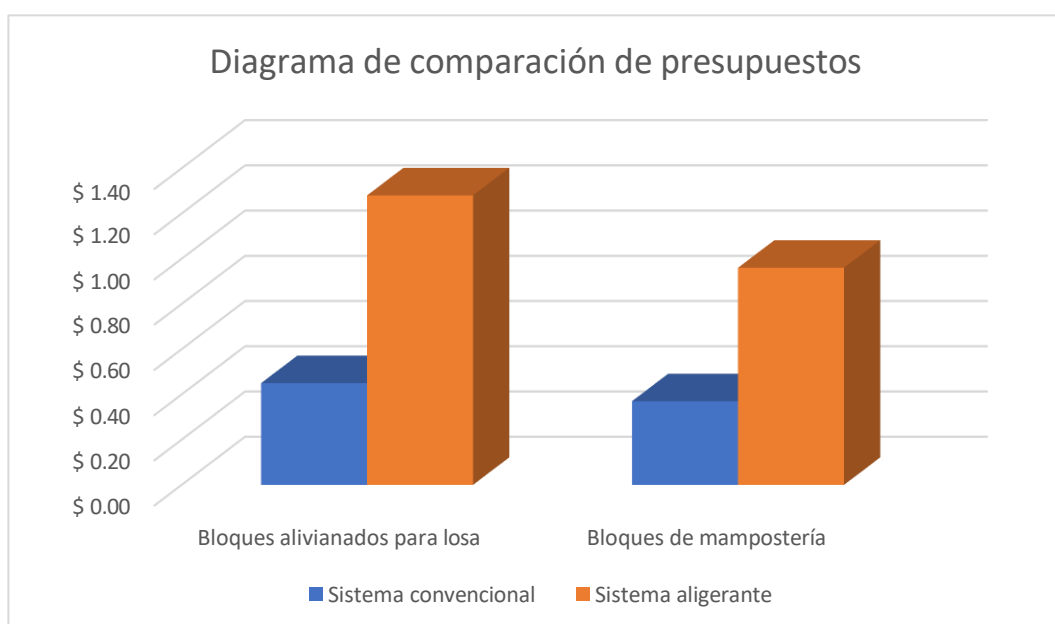
Análisis de precios unitarios del sistema de block tradicional vs el sistema de block aligerado.

PRECIOS UNITARIOS				
Rubro	Un.	P.U. Sistema tradicional	P.U. Sistema aligerado	Diferencia (%)
Bloques alivianados para losas	Un.	\$ 0,45	\$ 1,28	184.44%
Bloques para mampostería 9x19x39 cm	Un.	\$ 0,37	\$ 0,69	86.49%

Nota: *Elaboración propia*

Figura 28

Diagrama de comparación presupuestaria entre ambos sistemas constructivos.



En la

Tabla 22 y en la **Figura 28** se logra observar la comparación de precios unitarios entre el sistema constructivo tradicionales y el sistema aligerado, en donde el rubro que se consideró fue el de los bloques para losas y bloques para mampostería.

Se aprecia que el bloque alivianado para losas tiene un costo de \$ 0,45/u, en el sistema de bloque tradicional, mientras que para el sistema aligerado aumenta su valor a \$ 1,28/u, lo que significa un incremento del 184,44%, este aumento del precio corresponde al empleo de materiales, equipos y proceso de fabricación especiales, lo cual necesita de mayor control tanto en su composición y densidad.

Por otro lado, en los bloques de mampostería, el costo en el sistema tradicional es de \$0,37/u, frente a los \$0,69/u del sistema aligerado, evidenciando un aumento del 86,49%.

En la **Tabla 23**, se detalla el presupuesto final del pabellón de aulas de la UPSE, usando el sistema de bloques convencionales.

Tabla 23

Presupuesto final del pabellón universitario de la UPSE con bloques convencionales.

Rubro	Descripción	Precio total
1	Trabajos preliminares	\$ 273.336,07
2	Hormigón armado	\$ 956.109,17
3	Paredes	\$ 58.521,18
4	Enlucidos y cerámica	\$ 266.455,29
5	Pisos	\$ 173.097,28
6	Pintura	\$ 112.899,93
7	Puertas y ventanas	\$ 135.117,74
8	Áreas exteriores	\$ 130.388,65
9	Instalaciones eléctricas y acometida exterior	\$ 224.342,59
10	Sistema de red informática y cámaras de seguridad	\$ 165.249,42
11	Sistema de agua potable	\$ 101.825,33
12	Sistema de aguas servidas	\$ 15.742,55
13	Sistema de lluvias	\$ 113.046,31
14	Sistema contraincendios	\$ 51.925,57
15	Ascensor	\$ 58.868,75
16	Provisión e instalación de aire acondicionado	\$ 99.124,62
17	Mitigación impacto ambiental	\$ 5.081,24
18	Varios	\$ 31.465,85
	SUB-TOTAL	\$ 2.972.597,54

Nota: *Presupuesto obtenido de Empresa Pública EPE (2025).*

En la **Tabla 24**, se muestra el presupuesto final del pabellón de aulas de la UPSE, usando el sistema de bloques alivianados.

Tabla 24

Presupuesto final del pabellón universitario de la UPSE con bloques alivianados.

Rubro	Descripción	Precio total
1	Trabajos preliminares	\$ 273.336,07
2	Hormigón armado	\$ 978.535,82
3	Paredes	\$ 73.015,19
4	Enlucidos y cerámica	\$ 266.455,29
5	Pisos	\$ 173.097,28
6	Pintura	\$ 112.899,93
7	Puertas y ventanas	\$ 135.117,74
8	Áreas exteriores	\$ 130.388,65
9	Instalaciones eléctricas y acometida exterior	\$ 224.342,59
10	Sistema de red informática y cámaras de seguridad	\$ 165.249,42
11	Sistema de agua potable	\$ 101.825,33
12	Sistema de aguas servidas	\$ 15.742,55
13	Sistema de lluvias	\$ 113.046,31
14	Sistema contra incendios	\$ 51.925,57
15	Ascensor	\$ 58.868,75
16	Provisión e instalación de aire acondicionado	\$ 99.124,62
17	Mitigación impacto ambiental	\$ 5.081,24
18	Varios	\$ 31.465,85
	SUB-TOTAL	\$ 3.009.518,20

Nota: *Presupuesto realizado por elaboración propia con base a datos presupuestarios de Empresa Pública EPE (2025).*

De acuerdo a la **Tabla 23** y **Tabla 24** se puede observar un incremento considerable en cuanto al presupuesto final del proyecto, sin embargo, cabe recalcar que el presupuesto aumenta un 1,24% debido a la inclusión de bloques de hormigón alivianado.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Del objetivo general planteado, se logra concluir que los bloques alivianados lograron cumplir con las normas nacionales e internacionales establecidas para elementos de sistema de mampostería no estructural, lo cual garantizó su uso idóneo para este tipo de sistema constructivo (Sistema Viga-Columna). También, se comprobó que la densidad de los bloques alivianados es significativamente menor con respecto a los bloques de hormigón convencional, lo que permite una reducción de peso en las estructuras que se sometan al levantamiento de mampostería alivianada y losa alivianada.

Al igual se mantuvo un análisis comparativo de los pesos de los bloques en relación al alivianamiento, concluyendo que los bloques de hormigón celular ofrecen una reducción considerable en el peso respecto a los bloques convencionales, lo cual representa una ventaja estructural al disminuir las cargas muertas en la edificación. Esta característica contribuye a una mayor facilidad de manejo, menor esfuerzo en el transporte y optimización en el proceso constructivo, sin comprometer las propiedades esenciales del material.

Del primer objetivo específico propuesto, se concluye que la experimentación y análisis de las diversas proporciones de los materiales logra optimizar de manera adecuada la dosificación del hormigón celular, además de que la correcta combinación de cemento, arena, agua y agente espumante logran la obtención de un material ligero y estable, en donde como resultado final se obtuvo una mezcla con una estructura interna uniforme, lo que a su vez favorece a la fabricación de bloques de bajo peso y sin presentar una pérdida importante de resistencia

Del segundo objetivo específico planteado, se logra concluir que la aplicación de software REVIT como técnicas de metrado y cuantificación resultan muy favorables para poder determinar cantidades exactas de los elementos constructivos, además de que este proceso logra reducir el tiempo de cuantificación con respecto a las metodologías tradicionales.

Con respecto al tercer objetivo específico, se concluye que mediante el análisis detallado de los presupuestos del pabellón universitario construido con bloques tradicionales presentan un costo inferior con respecto a los bloques de hormigón celular, esta diferencia entre precios tiene como principal factor, los materiales y equipos especializados que se usan para la obtención del hormigón celular, El análisis económico muestra que el bloque de hormigón celular presenta costos notablemente superiores en comparación con los elementos tradicionales. A partir del análisis comparativo de costos, se determina que el hormigón celular, pese a sus ventajas en cuanto a ligereza y propiedades térmicas, representa una alternativa de mayor inversión económica frente a los bloques convencionales. Las diferencias observadas en los precios tanto para losas como para mampostería evidencian que su uso debe evaluarse según los requerimientos técnicos y la rentabilidad del proyecto, priorizando su aplicación en casos donde sus beneficios compensen el incremento en el costo.

5.2. RECOMENDACIONES

- Aunque el costo unitario del bloque alivianado sea superior, se recomienda integrar el análisis de los bloques alivianados en el diseño estructural desde las etapas iniciales, para aprovechar la reducción de la carga muerta y así optimizar el dimensionamiento de los diversos elementos estructurales.
- Debido al corto tiempo de la tesis se recomienda que se realice el cálculo de costo de la estructura con sus nuevas condiciones de peso en mampostería y losa aligerada

- Implementar el uso de software REVIT en los procesos de metrados y presupuestos para tener una precisión en la cuantificación de materiales y así reducir sobrecostos de obra.
- Realizar ensayos complementarios como el de comportamiento térmico y acústico para evaluar todas las propiedades del bloque alivianado y no solo su resistencia a la compresión.
- Para la realización de futuros proyectos en las que se use el agente espumante de origen proteico, se recomienda realizar convenios de cooperación con los camales para facilitar la recolección y el correcto aprovechamiento de la sangre animal.
- Se recomienda la investigación para el uso de aditivos o agentes neutralizantes que eliminen el olor característico generado por la sangre animal en la elaboración del agente espumante proteico.
- Se sugiere investigar y aplicar fórmulas de diseño para hormigón celular para poder reducir su permeabilidad, debido a que este tipo de hormigones son muy permeables debido a su naturaleza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias Gómez, J., Villasís Keever, M. Á., & Miranda Novales, M. G. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 63(2), 201–206. <https://doi.org/10.29262/ram.v63i2.181>
- Barzola Lissette. (2025). *UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA INSTITUTO DE POSTGRADO TITULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN*. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/13775>
- Cermeño, M., Silva, J. V. C., Arcari, M., & Denkel, C. (2024). Foaming properties of plant protein blends prepared using commercial faba bean and hemp protein concentrates at different faba bean/hemp protein ratios. *LWT*, 198, 115948. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2024.115948>
- Chávez, L. (2022, August 11). *Blocks de concreto*. Cementos Torices. <https://cementstorices.com/blog/construccion/blocks-de-concreto-cuanto-cuestan-y-como-hacerlos-tu-mismo/>
- Chicago Pneumatic. (2020, October 28). *¿Qué es un compresor de aire?* Chicago Pneumatic. <https://compressors.cp.com/es-latinamerica/expert-corner/blog/que-es-un-compresor-de-aire>
- Chicaiza Llumipanta, V. A. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia a compresión entre bloques tradicionales y bloques elaborados con poliestireno expandido granular y bloques elaborados con tusa de maíz triturado como sustituto parcial del agregado grueso*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/26499>
- Chura, S. (2014). Los beneficios del concreto celular . *Revista Civilízate*, 5, 36–37. https://revistas.pucp.edu.pe/imagenes/civilizate/civilizate_005.pdf

- Crisóstomo, A., Aguayo, V., Antonio, G., Brunett, H., Iván, R., Palma, R., & Salvatierra Barzola, M. (2023). El hormigón celular: Análisis y difusión a nivel industrial en Ecuador. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 10(1), 53–69. <https://doi.org/10.26423/RCTU.V10I1.676>
- ekoetxea. (2013, November 5). *Hormigón celular – Ekoetxea*. https://wp.ekoetxea.nds.es/hormigon-celular/?utm_source
- Fernando, J., Toledo, B., Raquel, S., Carrillo, R., Luis, I. J., & Carrera, S. (2024). *Estudio comparativo de la resistencia a la compresión entre bloques de hormigón elaborados con adición de Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) como sustituto parcial del agregado grueso y bloques de hormigón clase B en base a la norma NTE INEN 3066*. Universidad Central del Ecuador. <https://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/34901>
- Hamad, A. J. (2014). Materials, Production, Properties and Application of Aerated Lightweight Concrete: Review. *International Journal of Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.12720/ijmse.2.2.152-157>
- HISTORIA | wiezcel*. (2010, September 4). https://www.concretocelular.net/historia?utm_source
- Hormigón Celular - chilecubica*. (n.d.). Retrieved April 14, 2025, from https://www.chilecubica.com/construcciones-en/hormig%C3%B3n-celular/?utm_source=chatgpt.com
- Hutapea, T. P. H., Madurani, K. A., Syahputra, M. Y., Hudha, Moh. N., Asriana, A. N., Suprpto, & Kurniawan, F. (2023). Albumin: Source, preparation, determination, applications, and prospects. *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*, 8(2), 100549. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsamd.2023.100549>
- Inducom ECUADOR. (2023, August 30). *Que es una bomba neumática o bomba doble diafragma*. INDUCOM SOLUCIONES INDUSTRIALES. <https://inducom-ec.com/que-es-una-bomba-neumatica-o-bomba-doble-diafragma/>

INEN. (2016). *NTE INEN 3066 BLOQUES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO CONCRETE BLOCKS. REQUIREMENTS AND TEST METHODS*. https://vipresa.com.ec/wp-content/uploads/2019/02/nte_inen_3066.pdf

Kelly Lisseth Robles Cordero. (2023). *Página 1 de 63 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL*. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26057/1/UPS-CT010881.pdf?utm_source

Latorre Aizaga, H. J. (2024). Avances en el Uso del Hormigón Armado en Ingeniería Civil: Una revisión sistemática. *Magazine de Las Ciencias: Revista de Investigación e Innovación*, 9(3), 47–68. <https://doi.org/10.33262/rmc.v9i3.3161>

Madrid, M., García Frómeta, Y., Cuadrado, J., & Blanco, J. M. (2022). Análisis de ciclo de vida en bloques de hormigón: comparación del impacto producido entre bloques tradicionales y con subproductos. *Informes de La Construcción*, 74(566), e438. <https://doi.org/10.3989/ic.88125>

Marco Paulo Galarza Meza. (2011). *Desperdicio de materiales en obras de construcción civil: métodos de medición y control*. https://www.academia.edu/84929659/Desperdicio_de_materiales_en_obras_de_construcci%C3%B3n_civil_m%C3%A9todos_de_medici%C3%B3n_y_control

Mariana Petrova. (2023, March 20). *Hormigón celular: características y aplicación de los bloques*. <https://stroycomfort1.com/es/aerated-concrete-composition-and-properties-of-the/>

Paul Seguí. (2024). *Hormigón celular: Qué es, ventajas ¿Conviene para tu casa?* https://ovacen.com/hormigon-celular-bloques/?utm_source

Purnomo, J., Sumarni, S., & Saputro, I. N. (2019). Effect of citric acid on setting-time and compressive strength of concrete. *IOP Conference Series:*

Materials Science and Engineering, 578(1), 012077.

<https://doi.org/10.1088/1757-899X/578/1/012077>

Quayle, W. C., Oliver, D. P., & Zrna, S. (2006). Field dissipation and environmental hazard assessment of clomazone, molinate, and thiobencarb in Australian rice culture. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(19), 7213–7220. <https://doi.org/10.1021/jf061107u>

Rivera, O., Enrique, O., & TESIS Torre Carrillo, A. DE. (2017). *UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS DESARROLLO Y APLICACIÓN DEL CONCRETO CELULAR A BASE DE ADITIVO ESPUMANTE PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES MACIZOS DESTINADOS A TABIQUERÍAS NO PORTANTES EN EDIFICACIONES*.

https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/622468/ORTEGA_RO.pdf?isAllowed=y&sequence=5&utm_source=chatgpt.com

Romero Bonilla, H., Tinoco Gómez, O., Kerly, /, & Dávila, D. (2015). Hidrólisis enzimática de residuos agroindustriales del banano para la obtención de jarabe glucosado aplicando tres pretratamientos. *Ind. Data*, 18(1), 101–107.

Selvakumar, P., & Kumarasamy, V. (2024). Investigation on microstructural and compressive strength characteristics of a novel bio-admixture comprising Cassava Starch-Xanthan gum with cement mortar for building application. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 29(1). <https://doi.org/10.1590/1517-7076-rmat-2023-0331>

Véliz Aguayo, A. C., Herrera Brunett, G. A., Ramírez Palma, R. I., & Salvatierra Barzola, M. A. (2023). El hormigón celular: Análisis y difusión a nivel industrial en Ecuador. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 10(1), 53–69. <https://doi.org/10.26423/rctu.v10i1.676>

Verónica Polet Juárez Chávez. (2022, January 24). *ERRORES MÁS COMUNES EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CASA HABITACIÓN EN OBRAS NEGRA, EN URUAPAN, MICHOACÁN*.

<https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000816066/3/0816066.pdf?>

Verschuereen, M., Engels, W. J. M., Straatsma, J., Van Den Berg, G., & De Jong, P. (2007). Modelling gouda ripening to predict flavour development. *Improving the Flavour of Cheese*, 537–563.
<https://doi.org/10.1533/9781845693053.4.537>

Winter, George., Nilson, A. H. ., & Rusalleda i Gallart, S. (2021). *Proyecto de estructuras de hormigón*. Editorial Reverté.

ANEXOS

Anexo 1

Tabla de cálculo del hormigón celular.

CANTIDADES NECESARIAS PARA 1M3 DE HORMIGÓN CELULAR A BASE DE ESPUMA $\gamma_f=800$ kg/m3		
MATERIAL	CANTIDAD	PORCENTAJE
CEMENTO Kg/m3	421	46%
AGUA Kg/m3	208	23%
ARENA Kg/m3	231	25%
ESPUMA Kg/m3	57	6%
PESO TOTAL Kg/m3	917	100%

Datos cilindro		
Pi	3.14156	
r	0.05	m
$A= \pi * r^2$	0.0078539	m2
h	0.2	m
V cilindro	0.00157078	m3
# cilindros	14	unidades
Volumen Cilindro	0.02199092	m3
desperdicio	27%	0.00593755
volumen requerido	0.02792847	m3

BLOQUE MAMPOSTERIA	
MATERIAL	CANTIDAD
CEMENTO Kg	38.22
AGUA Kg	18.90
ARENA Kg	20.92
ESPUMA Kg	0.56
PESO TOTAL Kg	78.60

BLOQUE LOSA	
MATERIAL	CANTIDAD
CEMENTO Kg	15.11
AGUA Kg	7.47
ARENA Kg	8.27
ESPUMA Kg	0.22
PESO TOTAL Kg	31.07

Anexo 2

Ensayo de rotura de los cilindros de hormigón.



Anexo 3

Obtención del peso del bloque de hormigón celular.



Anexo 4

Prueba de densidad de la espuma proteica.



Anexo 5

Análisis de precios para mampostería de bloque.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	1	UNIDAD:	m ²		
DETALLE:	Paredes de bloque e = 10cm				
EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					0.3453
SUBTOTAL M =					0.3453
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peon (ESTRUC. OCUP. E2)	1.00	4.23	4.23	0.53	2.24
Albañil (ESTRUC. OCUP. D2)	1.00	4.28	4.28	0.53	2.27
Maestro (ESTRUC. OCUP. C1)	1.00	4.52	4.52	0.53	2.40
SUBTOTAL N =					6.91
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Cemento tipo HE Chimborazo (50 Kg)	kg	8.33	0.1622	1.3511	
Arena	m ³	0.02	18.8000	0.3760	
Agua	m ³	0.0066	0.7200	0.0048	
Bloque P9 9x19x39 (hormigón)	UNIDAD	13.00	0.3700	4.8100	
SUBTOTAL O =				6.5419	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P =				0.0000	
	TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)				13.7931
	INDIRECTOS Y UTILIDAD			25.00%	3.4483
	OTROS INDIRECTOS.....%				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				17.2413
	VALOR OFERTADO			\$	17.24

Anexo 6

Análisis de precios de la proteína hidrolizada.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	1	UNIDAD:	ltr		
DETALLE:	Proteína hidrolizada				
EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					
SUBTOTAL M=					0.0000
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)	A	B	C=A*B	R	D=C*R
SUBTOTAL N=					0.00
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Sangre de toro	lt	1.00	0.5000	0.5000	
Lejía	gr	100	0.0041	0.4100	
Agua	m3	0.001	0.7900	0.0008	
SUBTOTAL O=				0.9108	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P=				0.0000	
	TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)				0.9108
	INDIRECTOS Y UTILIDAD			25.00%	0.2277
	OTROS INDIRECTOS %				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				1.1385
	VALOR OFERTADO			\$	1.14

Anexo 7

Análisis de precio del hormigón celular.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	1	UNIDAD:	m3		
DETALLE:	Hormigón celular				
EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					0.7046
Máquina generadora de espuma	1.000	2.8000	2.8000	0.6500	1.8200
Taladro manual	1.000	1.3000	1.3000	0.2200	0.2860
SUBTOTAL M=					2.8106
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORIAS)	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro de obra	4.00	4.52	18.08	0.53	9.58
Albañil	1.00	4.28	4.28	0.53	2.27
Peón	1.00	4.23	4.23	0.53	2.24
SUBTOTAL N=					14.09
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Cemento tipo HE Chimborazo (50 Kg)	sacos	8.42	7.37	62.0554	
Arena	m3	0.128	21.00	2.6880	
Agua	m3	0.208	0.79	0.1643	
Agente espumante	lt	6.96	0.71	4.9402	
SUBTOTAL O=				69.8479	
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P=				0.0000	
	TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)				86.7512
	INDIRECTOS Y UTILIDAD			25.00%	21.6878
	OTROS INDIRECTOS.....%				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				108.4390
	VALOR OFERTADO			\$	108.44

Anexo 8

Análisis de precios del bloque de hormigón celular.

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
RUBRO:	1.00	UNIDAD	u		
DETALLE:		Bloque de hormigón celular D800 (0,19*0,09*0,39) m			
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor (5% MO)					0.00
Máquina para fabricar bloques de hormigón celular	1.00	1.38	1.38	0.003099	0.00
Moldes para bloques de hormigón celular	1.00	0.27	0.27	1.00	0.27
SUBTOTAL M=					0.28
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
(CATEGORÍAS)	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Técnico laboral	1.00	4.42	4.42	0.003099	0.01
Peón (estr. ocp. E2)	6.00	4.14	24.84	0.003099	0.08
SUBTOTAL N=					0.09
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Cemento tipo HE Chimborazo (50 Kg)	Ton	0.002	140.00	0.21	
Agua	m3	0.001	0.79	0.001	
Arena	m3	0.00046	18.80	0.009	
Espumante Prote. Animal RV-PA2024	Lt	0.02	0.71	0.02	
SUBTOTAL O=					0.24
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P=					
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					0.60
INDIRECTOS					0.00
UTILIDAD 15%					0.09
OTROS INDIRECTOS.....%					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.60
VALOR OFERTADO O PRECIO DE VENTA \$					0.69

Anexo 9

Análisis de precios del bloque de hormigón celular para losas.

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
RUBRO:	1.00	UNIDAD	u		
DETALLE:	Bloque de hormigón celular D800 (0,4*0,20*0,15) m				
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor (5% MO)					0.01
Máquina para fabricar bloques de hormigón celular	1.00	1.38	1.38	0.00784	0.01
Moldes para bloques de hormigón celular	1.00	0.27	0.27	1.00	0.27
SUBTOTAL M=					0.29
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEGORÍAS)	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Técnico laboral	1.00	4.42	4.42	0.00784	0.03
Peón (estr. ocp. E2)	6.00	4.14	24.84	0.00784	0.19
SUBTOTAL N=					0.23
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Cemento tipo HE Chimborazo (50 Kg)	Ton	0.004	140.00	0.54	
Agua	m3	0.002	0.79	0.001	
Arena	m3	0.001162	18.80	0.022	
Espumante Prote. Animal RV-PA2024	Lt	0.06	0.71	0.040	
SUBTOTAL O=				0.60	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P=					
TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)					1.12
INDIRECTOS					0.00
UTILIDAD 15%					0.17
OTROS INDIRECTOS.....%					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.12
VALOR OFERTADO O PRECIO DE VENTA \$					1.28

Anexo 10

Análisis de precios de costo por hora de la maquinaria para la fabricación del hormigón celular.

COSTO POR HORA DE MAQUINA PARA FABRICAR HORMIGÓN CELULAR			
COSTO DE POSESIÓN+COSTO DE OPERACIÓN			
MAQUINA PARA FABRICAR BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR			
Costo Equipo	\$15,120.00		1512
Vida Útil	10	años	
Tiempo de operación diaria	24	h/día	
Días laborables al año	365	días/año	
Horas de operación en 10 años	87600	h	
Costo estimado de depreciación	\$0.17		1920
MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN			
Costo total estimado de mantenimiento anual	(Preventivo+ Correctivo)		
Mantenimiento anual preventivo	10%	del costo del equipo	
Mantenimiento anual correctivo (daños inesperados)	10%	del costo del equipo	
	20%		
Costo total estimado de mantenimiento y reparación	\$3,024.00		
Costo mantenimiento y reparación/h	\$0.03		
ELECTRICIDAD			
Voltaje de máquina (V)	220	Bajo voltaje	
Costo estimado de consumo de electricidad/h			
Componente de la máquina		Potencia (KW)	
Motor de bomba	4		
Motor de mezclador	4		
Bomba de agua	0.75		
Generador de espuma	2.2		
Transportador de tornillo	3		
Potencia total de la máquina	14		
Consumo eléctrico por hora	14	KWh	
Costo KWh	0.08	\$/KWh	
Costo eléctrico por hora	\$1.12		
	\$0.01		
TRANSPORTE Y MONTAJE			
Costo total de la máquina (Desde puerto de Guayaquil a Planta Santa Elena)	\$5,000.00		
Costo transporte por hora	\$0.06		
Costo total de uso de maquinaria por hora (Posesión+Operación) sin operario	\$1.38		
Montacarga			
Montagarga	\$ 20,000.00		
vida útil	6		
	\$ 3,333.33		