



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

TEMA:

COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR
MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y
PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE
CONVENCIONAL.

AUTOR: SARANGO ESTRELLA ANGEL TUHESMAN

TUTOR: ING. MG. CHÉRREZ GAVILANES DIEGO SEBASTIÁN

Ambato – Ecuador

2017

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Mg. Chérrez Gavilanes Diego certifico que el presente Informe Final del Trabajo Experimental **“COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL”** realizado por el Sr. Angel Tuhesman Sarango Estrella, Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédita.

Ambato, agosto del 2017

Ing. Mg. Diego Chérrez Gavilanes

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Angel Tuhesman Sarango Estrella, CI. 050358598-6 Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, tengo a bien indicar que los criterios expuestos en el presente trabajo con el tema: **“COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL”** es de mi completa autoría.

Ambato, agosto del 2017

Angel Tuhesman Sarango Estrella

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación bajo la modalidad Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales del Trabajo de Titulación bajo la modalidad Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Trabajo Experimental dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, agosto del 2017

Autor

Angel Tuhesman Sarango Estrella

CI: 0503585986

APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES

Los suscritos profesores calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL”**, del Sr. Egresado Angel Tuhesman Sarango Estrella, de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman.

Ing. Mg Lorena Pérez

PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Mg Alex López

PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

Quiero dedicar el proyecto primeramente a Dios que me ha dado la sabiduría y fortaleza de nunca rendirme, superar cada obstáculo que se presente en mi camino para llegar a ser cada día un mejor hombre.

A mi madre, Gladys que siempre estuvo a mi lado dándome su apoyo, sus consejos, sus palabras de aliento, su amor incondicional y enseñándome que no existe prueba difícil que uno no pueda superar en la vida, siendo ella un ejemplo a seguir.

A mi padre, Angel que siempre estuvo en las buenas y en las malas a mi lado, aunque no esté a mi lado sé que siempre me cuida y me bendice en todo momento.

A mis hermanos que estuvieron en todas mis adversidades cuando los necesité, brindándome sus consejos y apoyo en todo instante.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por darme la fortaleza y convicción para culminar una etapa de mi vida.

Agradezco a mis padres por darme su apoyo, consejos y ayuda, a mi madre por apoyarme en todo el transcurso de mi vida universitaria, por darme su amor para seguir siempre por el camino correcto y poder llegar a mi meta.

A mis hermanos por darme ánimo para no rendirme en la realización de este proyecto y saber que siempre puedo contar con ellos.

A mis queridos sobrinos que siempre me alentaron con sus sonrisas, sus ánimos y llenándome de alegría en los momentos difíciles.

A la persona que amo, quien se ha convertido en mi amiga y mi compañera, mi gran amor Mishel, quien, gracias a sus consejos, su apoyo y su amor me hace una mejor persona cada día, la cual me dio ánimo y fuerzas para terminar este proyecto.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA DEL TRABAJO	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	XIV
RESUMEN EJECUTIVO	XV
EXECUTIVE SUMMARY.....	XVI

B. TEXTO

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	1
1.1. Tema de Investigación.....	1
1.2. Antecedentes.....	1
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo General	4
1.4.2. Objetivo Específico	4
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN	5
2.1. Fundamentación teórica.....	5
2.1.1. Mampostería	5
2.1.1.1. Bloque convencional	5
2.1.1.2. Componentes del bloque convencional.....	7
2.1.1.3. Bloque celular.....	11
2.1.1.3.1. Ventajas del bloque celular	13
2.1.1.4. Componentes del bloque celular.....	14

2.1.1.5.	Materiales para la generación de aire	15
2.1.1.6.	Dosificación.....	17
2.1.2.	Propiedades de los materiales	17
2.1.2.1.	Ensayo de materiales	19
2.2.	Hipótesis.	21
2.3.	Señalamiento de las variables de la hipótesis.	21
2.2.1.	Variable independiente.	21
2.2.2.	Variable dependiente.	21
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	22	
3.1.	Tipos de investigación.....	22
3.1.1.	Investigación exploratoria	22
3.1.2.	Investigación experimental	22
3.1.3.	Investigación de laboratorio	22
3.2.	Población y muestra	23
3.3.	Operacionalización de variables	24
3.3.1.	Variable independiente.	24
3.3.2.	Variable dependiente.	25
3.4.	Plan de recolección de información	26
3.5.	Plan de procesamiento y análisis	27
3.5.1.	Plan de Procesamiento de la Información.....	27
3.5.2.	Plan de Análisis	27
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	28	
4.1.	Metodología de trabajo	28
4.1.1.	Dosificación	34
4.2.	Análisis de resultados	35
4.3.	Verificación de la hipótesis	90
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91	
5.1.	Conclusiones.....	91
5.2.	Recomendaciones	92
C. MATERIALES DE REFERENCIA	94	
1.	BIBLIOGRAFÍA.....	94
2.	ANEXOS.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1. Dimensiones de los bloques convencionales	5
TABLA N° 2. Valores promedios para las propiedades físicas de los tipos principales de roca.	10
TABLA N° 3. Clasificación del agua y sus efectos en el hormigón	11
TABLA N° 4. Porcentajes de los materiales propuestos	12
TABLA N° 5. Clasificación del bloque, de acuerdo a sus usos y resistencia a la compresión	20
TABLA N° 6. Cantidad de bloques celulares a elaborarse	23
TABLA N° 7. Operacionalización de la variable independiente	24
TABLA N° 8. Operacionalización de la variable dependiente	25
TABLA N° 9. Recolección de información	26
TABLA N° 10. Análisis granulométrico del agregado grueso	29
TABLA N° 11. Análisis granulométrico del agregado fino	30
TABLA N° 12. Densidad real del cemento	31
TABLA N° 13. Densidad real del agregado grueso	32
TABLA N° 14. Densidad real del agregado fino	33
TABLA N° 15. Dosificación del bloque convencional	34
TABLA N° 16. Dosificación del bloque celular	34
TABLA N° 17. Resistencia a la compresión del bloque celular con polvo de aluminio a los 7 días de edad	37
TABLA N° 18. Resistencia a la compresión del bloque celular con peróxido de hidrógeno a los 7 días de edad	38
TABLA N° 19. Resistencia a la compresión del bloque convencional a los 7 días de edad	39
TABLA N° 20. Resistencia a la compresión del bloque celular con polvo de aluminio a los 14 días de edad	40
TABLA N° 21. Resistencia a la compresión del bloque celular con peróxido de hidrógeno a los 14 días de edad	41
TABLA N° 22. Resistencia a la compresión del bloque convencional a los 14 días de edad	42

TABLA N° 23. Resistencia a la compresión del bloque celular con polvo de aluminio a los 28 días de edad.....	43
TABLA N° 24. Resistencia a la compresión del bloque celular con peróxido de hidrógeno a los 28 días de edad	44
TABLA N° 25. Resistencia a la compresión del bloque convencional a los 28 días de edad	45
TABLA N° 26. Absorción del bloque celular y bloque convencional adicionado polvo de aluminio a los 7 días de edad.....	46
TABLA N° 27. Absorción del bloque celular y bloque convencional adicionado peróxido de hidrógeno a los 7 días de edad	47
TABLA N° 28. Absorción del bloque celular y bloque convencional adicionado polvo de aluminio a los 14 días de edad.....	48
TABLA N° 29. Absorción del bloque celular y bloque convencional adicionado peróxido de hidrógeno a los 14 días de edad	49
TABLA N° 30. Absorción del bloque celular y bloque convencional adicionado polvo de aluminio a los 28 días de edad.....	50
TABLA N° 31. Absorción del bloque celular y bloque convencional adicionado peróxido de hidrógeno a los 28 días de edad	51
TABLA N° 32. Contenido de humedad del bloque celular y bloque convencional adicionado polvo de aluminio a los 7 días de edad	52
TABLA N° 33. Contenido de humedad del bloque celular y bloque convencional adicionado peróxido de hidrógeno a los 7 días de edad.....	53
TABLA N° 34. Contenido de humedad del bloque celular y bloque convencional adicionado polvo de aluminio a los 14 días de edad.....	54
TABLA N° 35. Contenido de humedad del bloque celular y bloque convencional adicionado peróxido de hidrógeno a los 14 días de edad	55
TABLA N° 36. Contenido de humedad del bloque celular y bloque convencional adicionado polvo de aluminio a los 28 días de edad.....	56
TABLA N° 37. Contenido de humedad del bloque celular y bloque convencional adicionado peróxido de hidrógeno a los 28 días de edad	57
TABLA N° 38. Densidad del bloque celular y bloque convencional adicionado polvo de aluminio a los 7 días de edad.....	58

TABLA N° 39. Densidad del bloque celular y bloque convencional adicionado peróxido de hidrógeno a los 7 días de edad	59
TABLA N° 40. Densidad del bloque celular y bloque convencional adicionado polvo de aluminio a los 14 días de edad.....	60
TABLA N° 41. Densidad del bloque celular y bloque convencional adicionado peróxido de hidrógeno a los 14 días de edad	61
TABLA N° 42. Densidad del bloque celular y bloque convencional adicionado polvo de aluminio a los 28 días de edad.....	62
TABLA N° 43. Densidad del bloque celular y bloque convencional adicionado peróxido de hidrógeno a los 28 días de edad	63
TABLA N° 44. Resumen de análisis de resultados con polvo de aluminio.	64
TABLA N° 45. Resumen de análisis de resultados con peróxido de hidrógeno.	65

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1. Bloque macizo	6
FIGURA N° 2. Bloque hueco	6

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1. Resistencia a la compresión del bloque celular adicionando peróxido de hidrógeno.....	66
Gráfico N° 2. Resistencia a la compresión del bloque celular adicionando polvo de aluminio.....	67
Gráfico N° 3. Comparación de la resistencia a la compresión entre el bloque convencional y el bloque celular adicionando polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno.....	68
Gráfico N° 4. Resistencia a la compresión del bloque celular con una adición del 0.10% de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno.	69
Gráfico N° 5. Resistencia a la compresión del bloque celular con una adición del 0.15% de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno.	70

Gráfico N° 6. Resistencia a la compresión del bloque celular con una adición del 0.20% de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno.	71
Gráfico N° 7. Absorción del bloque celular adicionando peróxido de hidrógeno (0.10, 0.15, 0.20%).	72
Gráfico N° 8. Absorción del bloque celular adicionando polvo de aluminio (0.10, 0.15, 0.20%).	73
Gráfico N° 9. Comparación de absorción entre bloque convencional y el bloque celular adicionando tanto polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno.	74
Gráfico N° 10. Absorción del bloque celular con la adición de 0.10% de peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio.	75
Gráfico N° 11. Absorción del bloque celular con la adición de 0.15% de peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio.	76
Gráfico N° 12. Absorción del bloque celular con la adición de 0.20% de peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio.	77
Gráfico N° 13. Contenido de humedad del bloque celular adicionando peróxido de hidrógeno (0.10, 0.15, 0.20%).....	78
Gráfico N° 14. Contenido de humedad del bloque celular adicionando polvo de aluminio (0.10, 0.15, 0.20%).....	79
Gráfico N° 15. Comparación del contenido de humedad entre el bloque convencional y el bloque celular adicionando peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio	80
Gráfico N° 16. Contenido de humedad del bloque celular adicionando 0.10% de peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio.....	81
Gráfico N° 17. Contenido de humedad del bloque celular adicionando 0.15% de peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio.....	82
Gráfico N° 18. Contenido de humedad del bloque celular adicionando 0.20% de peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio.....	83
Gráfico N° 19. Densidad del bloque celular adicionando peróxido de hidrógeno (0.10, 0.15, 0.20%)	84
Gráfico N° 20. Densidad del bloque celular adicionando polvo de aluminio (0.10, 0.15, 0.20%)	85
Gráfico N° 21. Comparación de la densidad entre el bloque convencional y el bloque celular adicionando peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio	86

Gráfico N° 22. Densidad del bloque celular adicionando 0.10% de peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio.....	87
Gráfico N° 23. Densidad del bloque celular adicionando 0.15% de peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio.....	88
Gráfico N° 24. Densidad del bloque celular adicionando 0.20% de peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio.....	89

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1. Mezcla de los materiales del bloque celular	96
Fotografía N° 2. Agregado Grueso	96
Fotografía N° 3. Peróxido de Hidrógeno	96
Fotografía N° 4. Polvo de Aluminio	96
Fotografía N° 5. Elaboración de los bloques celulares	96
Fotografía N° 6. Máquina para la elaboración de bloques	96
Fotografía N° 7. Adición de polvo de aluminio a la elaboración del bloque celular .	97
Fotografía N° 8. Consolidación de los bloques.....	97
Fotografía N° 9. Adición de peróxido de hidrógeno a la elaboración del bloque celular	97
Fotografía N° 10. Instrumento para la medición del peróxido de hidrógeno.....	97
Fotografía N° 11. Bloques celulares con la adición de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno.....	97
Fotografía N° 12. Etiquetado de los bloques	97
Fotografía N° 13. Laboratorio de suelos GAD de Ambato.....	98
Fotografía N° 14. Saturación del bloque	98
Fotografía N° 15. Peso del bloque celular sumergido.....	98
Fotografía N° 16. Peso en seco del bloque celular.....	98
Fotografía N° 17. Colocación del bloque celular en la máquina de compresión	98
Fotografía N° 18. Distribución de pesas para el ensayo de compresión.....	98
Fotografía N° 19. Ruptura del bloque celular	99
Fotografía N° 20. Resultados arrojados por la máquina	99
Fotografía N° 21. Ensayo de compresión	99
Fotografía N° 22. Máquina de compresión	99

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: “COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.”

AUTOR: Angel Tuhesman Sarango Estrella

TUTOR: Ing. Mg. Diego Chérrez Gavilanes

FECHA: Agosto 2017

Para efecto de la realización del presente trabajo experimental en primer lugar se logró adquirir los materiales pétreos que se obtuvieron de la mina el Chasqui, luego se consiguió el polvo de aluminio el cual se pudo obtener en CEDAL. S.A y el peróxido de hidrógeno para la elaboración de los bloques celulares. A continuación, se efectuó los ensayos descritos según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 696 (granulometría de los agregados), INEN 857 (densidad real de los agregados), INEN 156 (densidad real del cemento). Para los ensayos realizados al bloque celular se los efectúa de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 639.

El proceso de análisis se desarrolló en un período de 7, 14 y 28 días en los cuales se efectuaron ensayos de granulometría a los agregados finos y gruesos, densidad real de los agregados, densidad real del cemento, ensayos de compresión, ensayo de absorción, ensayo de contenido de humedad y ensayo de densidad real.

Finalmente, se analizaron los resultados obtenidos y se seleccionó un porcentaje óptimo de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno que deberá añadirse al bloque convencional con el objetivo de disminuir su densidad real y aumento de su resistencia a la compresión.

EXECUTIVE SUMMARY

THEME: “THE COMPARISON AND ELABORATION OF A CELLULAR BLOCK ARE SHOWN BY THE ADDITION OF ALUMINUM POWDER AND HYDROGEN PEROXIDE WITH A CONVENTIONAL BLOCK.”

AUTHOR: Angel Tuhesman Sarango Estrella

TUTOR: Ing. Mg. Diego Chérrez Gavilanes

DATE: August 2017

For the purpose of carrying out the present experimental work in the first place it was possible to acquire the stony materials that were obtained from the Chasqui mine, then the aluminum powder was obtained in CEDAL. S.A and the hydrogen peroxide for the elaboration of the cellular block. Then, carried out the tests described in Ecuadorian Technical Regulation INEN 696 (granulometry of aggregates), INEN 857 (real density of aggregates), INEN 156 (real density of cement). For the tests performed at the cellular block are carried out in accordance with Ecuadorian Technical Regulation INEN 639.

The analysis process was developed in a period of 7, 14 y 28 days in which they were carried out test of the granulometry of aggregates thin and thick, real density of aggregates, real density of cement, compresion test, absorption test, ensayo de humidity content test and real density test.

Finally, the results obtained were analyzed and select a optimum percentage of aluminum powder and hydrogen peroxide was selected, which should be added to the conventional block in order to reduce its real density and increase its compressive strength.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1. Tema de Investigación

“COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.”

1.2. Antecedentes

Desde sus inicios, el hombre ha ido modificando su entorno para ello ha utilizado materiales naturales los cuales le han permitido mejorar sus condiciones de vida uno de ellos es la elaboración de bloque para la construcción de viviendas.

La construcción de bloques data de unos 6.000 años atrás utilizando piedra, barro o materiales vegetales. Hoy en día, no solo podemos utilizar esos materiales para la elaboración de bloques, también contamos con materiales que mejoran su resistencia y durabilidad.

En los últimos 80 años una nueva técnica ha ido revolucionando la fabricación de bloques convencionales con la de bloques celulares los cuales presentan mejoras en su resistencia y durabilidad, su principal propiedad es su reducido peso específico, obteniendo un bloque liviano.

Según la investigación Srta. DANIELA CECILIA PÁLIZ HIDALGO con el tema “FACTIBILIDAD DEL USO DEL RAQUIS DE PALMA AFRICANA EN MEZCLA CON AGREGADOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS” concluyó:

Se realizó las pruebas mecánicas de resistencia y se eligió como apto y calificado al ladrillo modelo “A”, por obtener mayor resistencia, y un peso de 1.07 grs/cm³ más liviano que los ladrillos convencionales cuyo peso es de 1.80 grs/cm³, superándolos notablemente. [1]

Según la investigación Sr. SERGIO RAÚL SILVA NÚÑEZ con el tema “ALBAÑILERÍA DE BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR AUTOCLAVADO

(HCA): ESTABILIDAD DIMENSIONAL Y CONTROL DE FISURACIÓN” establece la siguiente conclusión:

Al comparar los resultados de los ensayos a tracción directa del material HCA en estudio con los obtenidos para evaluar la solución de reparación, es posible afirmar que los valores de resistencia máxima de las probetas reparadas alcanzan, a los 7 días de curado, el 68 % de la resistencia original y un comportamiento bastante similar al del material original para pequeñas deformaciones. Lo que indica, preliminarmente, que esta solución debiera comportarse en forma satisfactoria al aplicarla a la reparación de fisuras en los muros o tabiques de albañilería. [2]

Según la investigación de las Srtas. MARÍA CRISTINA RENGIFO CUENCA Y RUTH VERÓNICA YUPANGUI CUSHICONDOR bajo el tema “ESTUDIO DEL HORMIGÓN CELULAR”, concluyen:

Del análisis y diseño estructural se tiene que las secciones de los elementos resistentes principales se reducen, sin afectar con eso la buena configuración estructural, llegando a hacer una construcción más económica.

El hormigón celular al ser un material liviano contribuye no solo a la reducción de la carga muerta, sino que también optimiza la carga que debe transportarse y manejarse durante la construcción. [3]

1.3. Justificación

El bloque es el material de construcción más antiguo fabricado por el hombre. Los primeros bloques se fabricaron en Oriente Medio hace más de 6.000 años utilizándose un método primitivo, los primeros materiales empleados para la fabricación del bloque fueron la piedra y fibras vegetales como madera y paja.

Estos aunque sean de concreto normal o de pómez, son elementos o piezas elaboradas con una mezcla de cemento, agregados y agua que se utilizan para conformar muros o paredes, dentro de los sistemas constructivos conocidos como de mampostería o de albañilería, la fabricación de bloques de concreto ha evolucionado y mejorado sus sistemas de forma sencilla pero precisa. [4]

En países europeos como España, Italia y Alemania utilizan bloques de hormigón celular, ya que es una forma rápida, segura y barata de construir, esta mampostería es utilizada especialmente en los elementos del sistema de paredes (bloque celular), el techo y las placas para divisiones en las viviendas y las escaleras se utilizan bastante. [1]

Debido a que el hormigón liviano está logrando un gran impacto en la construcción permitiendo disminuir el peso muerto de la estructura, se ha observado una gran importancia en investigar materiales que permita realizar bloques livianos y resistentes ayudando a disminuir la carga muerta producida por las paredes.

Hoy en día los bloques no solo son fabricados con cemento, arena y agregados pétreos (normalmente calizos), sino que también se ha innovado con variedad de materiales, residuos agrícolas, fibras vegetales, ayudándole a mejorar sus características físicas y mecánicas. [5], [6]

En Ecuador se han realizado estudios con la implementación del bagazo de caña de azúcar en la elaboración de bloques obteniendo buenos resultados en las pruebas realizadas, sin embargo estos estudios solo han mejorado su resistencia. [7]. Aunque no se ha podido disminuir el peso del bloque, es por esta razón que se ha visto la necesidad de realizar estudios para una mampostería que no solo tenga buena resistencia a la compresión, sino que a su vez sea más liviano

El presente trabajo será factible debido a que los materiales a utilizar se encuentran dentro del entorno como son: el polvo de aluminio y el peróxido de hidrógeno, que permitirán alivianar el bloque de hormigón mediante la reacción química entre los materiales que serán adicionados y el cemento, generando desprendimiento de gas lo cual forma burbujas de aire logrando que el bloque se vuelva liviano.

La investigación que se va a realizar, aportaría a una nueva técnica para la elaboración de mampostería liviana, que será posible debido a la bibliografía y herramientas con las cuales se cuentan.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Comparar la resistencia a compresión de un bloque convencional y un bloque celular elaborado mediante la adición de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno.

1.4.2. Objetivo Específico

- Determinar un porcentaje óptimo del polvo de aluminio para elaborar un bloque celular.
- Establecer un porcentaje óptimo de peróxido de hidrógeno para elaborar un bloque celular.
- Analizar la variación de resistencia a compresión obtenidos en los ensayos realizados entre el bloque convencional y los bloques celulares.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1. Fundamentación teórica

2.1.1. Mampostería

Mampostería es toda colocación manual de bloques o ladrillos con el fin de construir muros o paredes, los cuales pueden ser: ladrillo de arcilla cocinada, bloques de cemento prefabricados, piedras talladas en formas regulares o no, estos elementos son unidos con material cementante llamado mortero, existen dos tipos de mampostería, la estructural y no estructural.

Mampostería estructural: Consiste un sistema monolítico conformado por mampuestos el cual tiene como función soportar su peso propio, cargas horizontales y verticales.

Mampostería no estructural: Mampostería unida manualmente que tienen como función soportar exclusivamente su propio peso y servir como divisor entre dos espacios.

2.1.1.1. Bloque convencional

Un bloque convencional es un mampuesto prefabricado y elaborado con agregados finos y material cementante, normalmente son utilizados en la construcción de muros y paredes. Los bloques tienen forma prismática, con dimensiones normalizadas las cuales se observa en la siguiente tabla:

TABLA N° 1. Dimensiones de los bloques convencionales

TIPO	DIMENSIONES NOMINALES (cm)			DIMENSIONES EFECTIVAS (cm)		
	Largo	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto
A-B	40	20-15-10	20	39	19-14-0.9	19
C-D	40	10-15-20	20	39	0.9-14-19	19
E	40	10-15-20-25	20	39	0.9-14-19-24	20

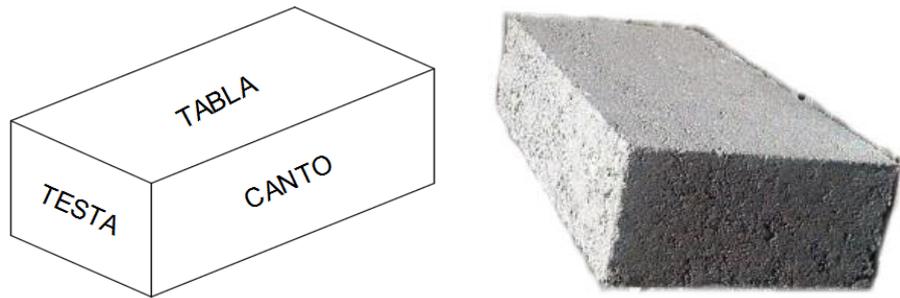
Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana (INEN 638 2014)

Éstos a su vez pueden ser elaborados tanto como bloques macizos o caramelo y bloques huecos o alivianados.

- **Bloque macizo.**

Es un elemento prefabricado de forma rectangular, se emplea principalmente cuando el muro tiene funciones estructurales.

FIGURA N° 1. Bloque macizo

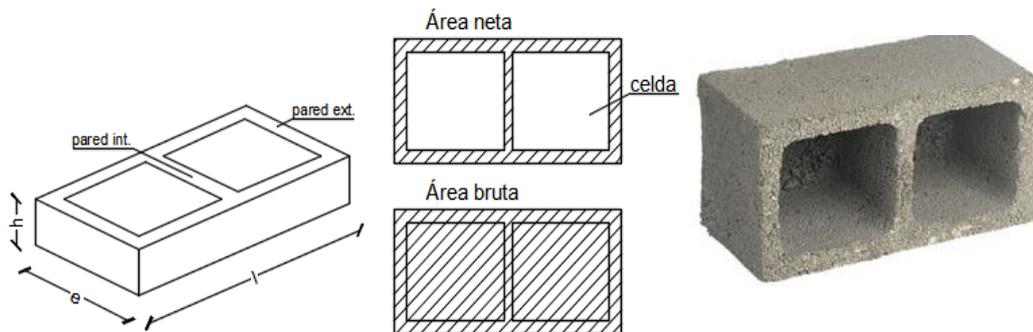


Fuente: Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres

- **Bloque hueco.**

Es un elemento prefabricado simple a base de mortero, con uno o más huecos transversales en su interior, cuyo diseño tiene como objetivo reducir su peso para aligerar la carga muerta de mampostería en edificaciones, según la norma 639-2012 el peso de un bloque hueco convencional es de 14 Kg, este peso dependerá de las condiciones ambientales en los cuales se encuentre el bloque.

FIGURA N° 2. Bloque hueco



Fuente: Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres

En este trabajo experimental se elaborarán bloques huecos, los cuales serán usados para la construcción de paredes divisorias con o sin revestimiento, de acuerdo a la norma INEN 638 son de clase “D”

2.1.1.2. Componentes del bloque convencional.

Cemento

Es un conglomerante fino formado por la calcinación y mezcla de caliza y arcilla para posteriormente ser molidas.

Existen diferentes tipos de cemento como se muestra en [8]; éstas serán descritas a continuación:

Tipos de cemento portland

Tipo I

Se subdivide en:

- **Tipo IA:** posee los mismos componentes que el cemento Tipo I, con la diferencia que además tiene un aditivo incorporador de aire.
- **Tipo IE:** está compuesto por un 20% de puzolana adicionado en el molido del clinker.
- **Tipo IP:** está compuesto de un 20 a un 40 % de puzolana adicionado en el molido del clinker, con el objetivo que al ponerse en contacto con la cal mejore su resistencia.

Una de las principales características de las puzolanas es proporcionar mayor resistencia y generar menor calor de hidratación, por lo tanto, el tipo IP e IE son los cementos más utilizados en nuestro medio para la construcción.

En la presente investigación se utilizará el cemento tipo IP siendo un cemento de uso general, el cual cuenta con las principales características de resistencia, durabilidad y destacado desempeño que cumple y excede los estándares de la norma NTE INEN 2380.

Tipo II

Este cemento se caracteriza por tener calor de hidratación y resistencia a sulfatos moderados con un aditivo incorporador de aire.

Tipo III

Se caracteriza por tener calor de hidratación y resistencia inicial elevadas con un aditivo incorporador de aire.

Tipo IV

Presenta calor de hidratación bajo y fraguado lento, además controla el calor durante el fraguado.

Tipo V

Este es caracterizado por tener una alta resistencia a sulfatos.

Áridos

Los áridos son partículas inertes, también conocidas como agregados, éstos pueden ser finos (arena) y gruesos (ripio). Los áridos no deben tener arcillas, limos o materia orgánica, dependiendo de su tamaño pueden ser naturales y artificiales. Los agregados ocupan del 60% al 75% del volumen del hormigón y dependiendo de sus características son capaces de brindar ciertas propiedades al hormigón.

Existe diferente clasificación de los agregados como se muestra en [9]; estas serán descritas a continuación:

Clasificación de los agregados

Por su Procedencia

- Agregados naturales: Formados por procesos geológicos.
- Agregados artificiales: Proviene de un proceso de alteración de los agregados naturales (productos secundarios). Algunos de estos agregados constituyen la escoria siderúrgica, la arcilla horneada, el hormigón reciclado, piedra triturada, etc.

Piedra triturada: Resulta de la trituración artificial de rocas, piedra boleada o pedruscos grandes, del cual todas las caras poseen aristas bien definidas, resultado de la operación de trituración.

Escoria siderúrgica: Residuo mineral no metálico, que consta en esencia de silicatos y aluminosilicatos de calcio y otras bases, y que se produce simultáneamente con la obtención del hierro.

Por su Tamaño

- Agregado grueso: Agregado retenido de modo predominante por el tamiz No. 4 (de 4.75mm); o bien, aquella porción de un agregado que es retenida por el tamiz No. 4 (de 4.75 mm).

El agregado grueso también denominado “Grava”, resulta del desgaste natural de la roca o de la trituración de ésta.

- Agregado fino: Agregado que pasa por el tamiz No. 4 (de 4.75 mm) y es retenida por el No. 200 (de 75 μ m).

El agregado fino se denomina también “Arena”, resulta de la desintegración natural de la roca o procede de la trituración de ésta.

Por su Densidad

- Ligeros: $d < 2.5$. Los agregados ligeros, como la arcilla esquistosa y la expandida, la escoria expandida, la Vermiculita, la Perlita, la Piedra Pómez y las Cenizas, se utilizan para producir hormigón aislante, para unidades de mampostería o estructural ligero que pesa entre 400 y 2000 kg/m³.
- Normales: $2.5 < d < 2.75$. Los materiales principales que se usan en el hormigón de peso normal, por lo común de 2300 a 2500 kg/m³, incluyen las arenas y gravas, roca triturada y escoria siderúrgica. Las rocas trituradas de uso más común son el Granito, Basalto, Arenisca, Piedra Caliza y Cuarcita.
- Pesados: $d > 2.75$. Los agregados pesados, como la Magnetita, la Barita o el Hierro de desecho, se usan para producir hormigón de 2900 a 3500 kg/m³, utilizado para blindaje contra la radiación y para contrapesos de hormigón.

TABLA N° 2. Valores promedios para las propiedades físicas de los tipos principales de roca.

Tipo de roca	Densidad	Absorción (%)	Prueba de abrasión los Ángeles (%)
ÍGNEAS			
Granito	2,65	0,3	38
Sienita	2,74	0,4	24
Diorita	2,90	0,3	-
Gabro	2,96	0,3	18
Peridotita	3,31	0,3	-
Felsita	2,66	0,8	18
Basalto	2,86	0,5	14
Diabasa	2,96	0,3	18
SEDIMENTARIAS			
Piedra caliza	2,66	0,9	26
Dolomita	2,70	1,1	25
Arcilla esquistosa	1,80 - 2,50	-	-
Arenisca Chert	2,54	1,8	38
Conglomerado	2,50	1,6	26
Brecha	2,68	1,2	-
METAMÓRFICAS			
Gneis	2,74	0,3	45
Esquisto	2,85	0,4	38
Anfibolita	3,02	0,4	35
Pizarra	2,74	0,5	20
Cuarcita	2,69	0,3	28
Mármol	2,63	0,2	47
Serpentina	2,62	0,9	19

Fuente: <http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/05/clasificacion-de-los-agregados-para.html>

Agua

Para la elaboración de todo tipo de hormigones el agua debe ser potable, debe estar libre agentes dañinos como aceites, ácidos, sales, álcalis y materias orgánicas, al contener impurezas afectan las propiedades del hormigón: resistencia, tiempo de fraguado, la durabilidad, manchas, corrosión del acero de refuerzo, estabilidad volumétrica. [10]

TABLA N° 3. Clasificación del agua y sus efectos en el hormigón

Tipo de agua	Efecto en el hormigón
Agua potable	Acción disolvente e hidrolizante de compuestos cálcicos del concreto. Disolución rápida de los compuestos del cemento.
Aguas ácidas naturales	Interrumpe las reacciones del fraguado del cemento.
Aguas fuertemente salinas	En el fraguado, disolución de los componentes cálcicos del concreto.
Agua alcalina	Produce acciones nocivas al cemento, su efecto negativo está que al reaccionar con el aluminato tricálcico en el hormigón produce sales expansivas.
Aguas sulfatadas	Son nocivas para concretos fabricados con cemento portland.
Aguas cloruradas	Produce una alta solubilidad de la cal
Aguas magnesianas	Produce la disolución en componentes del concreto. Tiende a fijar la cal formando hidróxido de magnesio y yeso insoluble.
Aguas de mar	En la mezcla inhibe el proceso de fraguado del cemento. Su efecto negativo está en la formación de sales expansiva. Produce eflorescencias. Incrementa la posibilidad de generar corrosión en el acero de refuerzo
Aguas recicladas	El concreto pueda causar los defectos propios del exceso de finos
Aguas industriales	Por su contenido de iones sulfato, ataca a cualquier tipo de cemento
Aguas negras	Efectos imprevisibles

Fuente: Materiales de la construcción Quito s.n. 2007

2.1.1.3. Bloque celular

El bloque celular es también conocido como bloque espumoso o aireado, consiste en un mampuesto muy liviano, su peso oscila entre 10.5 a 12.5 Kg [11], destinado para la

colocación de paredes en la estructura. Su elaboración reside en agregado fino, cal, cemento, agua, además cuenta con un agente expansor el cual puede ser gaseoso o espumoso.

Según la tesis del Sr. Yuri Néstor Ninaquispe Machego bajo el tema “USO DEL CONCRETO CELULAR EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA NO ESTRUCTURAL” [11], concluye que para un óptimo desprendimiento de gas se debe utilizar un porcentaje del 3% en relación al peso del cemento.

Debido a que todos los materiales influyen en la resistencia del bloque, se tomó en cuenta el peso total de los materiales para la fabricación del bloque celular mediante polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno.

TABLA N° 4. Porcentajes de los materiales propuestos

Cal (porcentaje)	Polvo de aluminio (porcentaje)	Peróxido de hidrógeno (porcentaje)
0,50	0,10	0,10
	0,15	0,15
	0,20	0,20

Fuente: Autor

Para obtener un bloque celular es necesario generar burbujas de aire, las cuales se pueden obtener mediante un agente gaseoso o espumoso.

Agente gaseoso: Un agente gaseoso se obtiene por desprendimiento de gases mediante la creación burbujas en la mezcla, como consecuencia de las reacciones químicas producidas por los diferentes materiales, algunos de estos materiales que presentan esta reacción química entre ellos se detallan a continuación:

- Incorporación a la mezcla de dos productos químicos capaces de reaccionar mutuamente y provocar un desprendimiento de gas, ejm, ácido clorhídrico y bicarbonato de sodio, con desprendimiento de gas carbónico, cloruro de cal y agua oxigenada, con desprendimiento de oxígeno, carburo de calcio y agua, con desprendimiento de acetileno.
- Incorporación a la mezcla un producto químico capaces de reaccionar con el cemento en presencia del agua y provocar desprendimiento de gas, ejm, Polvos

metálicos (aluminio, zinc, magnesio, calcio, bario, litio) y Sales (carbonatos, bicarbonatos).

- Incorporación a la mezcla de un producto químico capaz de provocar un desprendimiento de gas por fermentación bajo el efecto del calor de hidratación del cemento como; levaduras orgánicas y fermentaciones lácticas

Para la presente investigación se utilizará polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno como agentes gaseosos, los cuales servirán para la elaboración de bloques celulares huecos de igual resistencia y menor densidad.

Para los ensayos a la compresión se realizarán la ruptura cada 7, 14 y 28 días de edad.

Agente espumoso: El agente espumoso se da mediante la formación de pequeñas bolsas de aire dentro de la masa de hormigón, se produce por la agitación de un agente espumante el cual genera espuma con burbujas de aire,

Entre los agentes espumantes se puede emplear:

Detergentes, jabones resinosos, pegamento de animales o vegetales, Saponina, sulfato – ácidos de la naftalina, resinas vinílicas y proteínas hidrolizadas.

2.1.1.3.1. Ventajas del bloque celular

Comportamiento al fuego.

Una de las propiedades más interesantes del bloque celular debido a su reducida conducción térmica es su buen comportamiento al fuego, por lo que cualquier mampostería elaborada a base de hormigones celulares presenta una excelente respuesta al fuego.

Aislación acústica.

Los bloques celulares presentan una excelente disminución en la intensidad de las ondas sonoras minimizando su reflexión, transmisión y propagación del sonido, las cuales son amortiguadas por el paso sucesivo a través de las paredes celulares y de las capas de aire o gas que se encuentran encerrados en ellas, debido a esa característica los hormigones celulares constituyen buenos aislantes acústicos.

Fragilidad.

El bloque celular es un material bastante frágil, debido a su incorporación de aire. La fragilidad está directamente relacionada con su peso específico esto quiere decir mientras disminuye su peso específico su fragilidad aumenta, por lo que es necesario tomar precauciones durante su transporte y colocación en obra para evitar roturas de la mampostería.

Durabilidad.

La durabilidad del bloque depende en gran medida a las condiciones de uso, la colocación en obra y de las normas establecidas para la elaboración de mampostería no estructural.

2.1.1.4. Componentes del bloque celular.

Cemento

Cemento Portland tipo IP de uso general, se utilizará en la elaboración de los bloques celulares por lo que este tipo de cemento se utiliza cuando los hormigones se encuentran expuestos al ambiente, al suelo o al agua, está compuesto de un 20 a un 40 % de puzolana adicionado en el molido del clinker, con el objetivo que al ponerse en contacto con la cal mejore su resistencia.

Áridos

Los áridos son partículas inertes, también conocidos como agregados, estos pueden ser finos y gruesos, para la investigación se utilizará áridos provenientes de la mina “El Chasquí”

Agregado grueso (cascajo): Agregado de mayor tamaño que resulta del desgaste natural de la roca o de la trituración de ésta.

Agregado fino (polvo blanco): Agregado que resulta de la desintegración natural de la roca o procede de la trituración de ésta.

Los agregados ligeros, como la arcilla esquistosa y la expandida, la escoria expandida, la Vermiculita, la Perlita, la Piedra Pómez y las Cenizas, se utilizan para producir hormigón aislante, para unidades de mampostería o estructural ligero.

Agua

El agua para la elaboración de bloque celular debe ser agua potable, no debe presentar sustancias suspendidas o disueltas que perjudiquen en la elaboración del espécimen.

En general, la elaboración de mezclas para hormigones celulares requiere una elevada relación agua/cemento, medida en peso su valor oscila generalmente entre 0,7 y 2. La razón más evidente de esta necesidad reside en la fineza de las materias primas utilizadas. [12]

Cal hidráulica

Es un material que se utiliza en la fabricación de morteros debido a su habilidad para fraguar tanto en sitios húmedos como bajo el agua, optimizando la mezcla en trabajabilidad y adherencia en los morteros.

Cal hidráulica en presencia del aluminio reaccionan químicamente liberando partículas de gas en la mezcla, ayudando a la formación de aire, permitiendo así la obtención del bloque celular.

Se debe almacenar en lugar cubierto y seco, debido que presenta propiedades hidráulicas al estar en contacto con el aire y el agua se deben adoptar precauciones idénticas a las del cemento.

Este producto tiene reacciones adversas como: irritación en piel, los ojos y las vías respiratorias, se recomienda utilizar equipo de protección para su utilización.

2.1.1.5. Materiales para la generación de aire

Para obtener un bloque celular es necesario generar burbujas de aire, las cuales se pueden obtener mediante la incorporación de polvo de aluminio o peróxido de hidrogeno.

Peróxido de hidrógeno

También conocida más comúnmente como agua oxigenada, es un compuesto químico fuertemente enlazado con el hidrógeno tal como el agua, pero que en general se presenta como un líquido ligeramente más viscoso. Es conocido por ser un poderoso oxidante.

La utilización del peróxido de hidrogeno está principalmente enfocada en la industria farmacéutica como blanqueador o desinfectante debido a su desprendimiento de oxígeno. Es un material no dañino por lo cual no es necesario tener alguna precaución con su uso.

El peróxido de hidrógeno es muy inestable y se descompone lentamente en oxígeno y agua con liberación de gran cantidad de calor, al combinarse con el cemento se efectúa la siguiente reacción en la cual se desprende oxígeno en vez de hidrógeno; cloruro de calcio + oxígeno + agua, produciendo la formación de gas generando burbujas de aire.

Polvo de aluminio

El aluminio es un producto con propiedades únicas y gracias a su bajo peso, durabilidad, resistencia se ha convertido en un producto esencial para la industria de la construcción.

Debido a su baja densidad, tiene una gran aplicación en la industria de la construcción como en: en puentes, columnas, techados, puertas, ventanas y sus marcos, barandillas, barras y perfiles.

El polvo de aluminio reacciona con los compuestos alcalinos que presenta la mezcla, proceso por el cual libera hidrógeno, mientras en la hidratación del cemento, se produce una reacción con el hidróxido de cal, a partir de esta reacción se generan burbujas de hidrógeno; por su parte la cal, en presencia de agua, reacciona con las puzolanas del cemento. La reacción química que representa las reacciones generadoras de gas H₂



De esta reacción cabe mencionar dos aspectos, en primer lugar, el gas hidrógeno liberado es absorbido mediante vacío evitando así la emisión de gases inflamables. En segundo lugar el aluminio al finalizar la reacción se transforma en alúmina por lo que no tiene algún grado de toxicidad. [2].

El polvo de aluminio se lo utiliza para la incorporación de aire en el hormigón ya que este sirve para generar gas y es de suma importancia para la fabricación de bloques celulares.

2.1.1.6. Dosificación

Para el presente trabajo de investigación la dosificación que se utilizará será de manera experimental, tomando en cuenta los procesos de dosificación de las diferentes bloqueras aledañas del sector, realizando un promedio, el cual será verificado mediante el ensayo de compresión obteniendo la resistencia que se especifica la norma INEN 638, debido a que en ésta no se encuentra una dosificación específica para este tipo de investigación.

Una vez verificada la dosificación se procederá a obtener el peso de cada material y con la sumatoria de estos materiales se realizará una relación con el peso total del bloque y los diferentes porcentajes que se van a añadir de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno, así logrando obtener los porcentajes en peso para cada bloque celular.

2.1.2. Propiedades de los materiales

Todo tipo de material se diferencia uno del otro de acuerdo a sus propiedades. Entre las más trascendentales se encuentran las propiedades físicas y propiedades mecánicas.

Propiedades físicas

Son aquellas que dan a conocer el comportamiento de cada material ante diversas acciones externas como puede ser: el calentamiento, reacciones químicas o deformaciones.

Dentro de las propiedades físicas se encuentran; su forma, dimensión, porosidad, contenido de humedad, densidad y peso específico

Forma. – Se le conoce a la forma de un objeto que se encuentra en un espacio, ésta puede ser regular o irregular.

Dimensiones. – Es el tamaño o extensión del bloque, éstas vienen dadas según la norma y el uso que se le vaya a dar al material.

Porosidad. - Es el espacio que queda entre sus moléculas, para poder absorber líquidos o gases, éstos pueden ser de diversos tamaños.

Contenido de humedad. - Es la relación que existe entre el peso del agua contenida en el bloque celular y el peso en su estado seco.

Densidad. - Es una propiedad física que indica la relación que existe entre la masa y el volumen del objeto. Densidad= Peso/Volumen; $D=P/V$.

Propiedades mecánicas

Son aquellas propiedades que hacen referencia al comportamiento del material ante la aplicación de diferentes tipos de esfuerzos.

Dentro de las propiedades mecánicas se tiene; su plasticidad, rigidez, ductilidad, fluencia, tenacidad, elasticidad y resistencia la cual puede ser a tracción, compresión, corte, flexión, torsión, impacto y fatiga

Rigidez. - Es rígido cuando no puede ser doblado o se deforma poco frente a esfuerzos grandes

Resistencia. - Es el nivel de esfuerzo máximo que soportar un material antes de fallar o llegar a la rotura.

Resistencia a Tracción. - Es el esfuerzo máximo de tracción de un material mediante la aplicación de una fuerza axial que crece con el tiempo de una forma lenta y continua hasta que se produce la rotura.

Resistencia a Corte. - Es la resistencia del material ante fuerzas cortantes que se transforman en tensiones diagonales.

Resistencia a Torsión. - Es la capacidad de un material para soportar una carga de giro en su eje longitudinal.

Resistencia a Compresión. - Esfuerzo máximo de aplastamiento de un material mediante la aplicación de una fuerza axial.

Como material estructural, estas características son generalmente las que determinan su aptitud para el uso que se le desee dar. Los principales factores que afectan la

resistencia son la relación Agua/Cemento y la edad, o el grado al que haya progresado la hidratación. La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial compresiva. Generalmente se expresa en libras por pulgada cuadrada (PSI) o kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²), a una edad de 28 días se le designe con el símbolo f_c .

La resistencia a la compresión del concreto es su propiedad física fundamental, y es empleada en los cálculos para diseño estructuras fabricadas de este material. [13]

2.1.2.1. Ensayo de materiales

Se denomina ensayo de materiales a toda prueba cuyo propósito es conocer las propiedades físicas y mecánicas de un material para demostrar si cumple o no los estándares establecidos por las normas vigentes.

Existen dos tipos de ensayos los destructivos y los no destructivos.

Ensayo destructivo

Es aquel ensayo que daña o destruye totalmente al espécimen de ensayo, como se demostrará en el siguiente ensayo.

- Ensayo a la compresión. - La resistencia que obtendrá el bloque hasta su rotura ésta se basará en la Norma INEN 639

Ensayo no destructivo

Es toda prueba practicada a un material que no altere, dañe o cambie su estructura de forma permanente.

Para la presente investigación se procederá a efectuar los siguientes ensayos de materiales.

- Granulometría. - Es el estudio de los tamaños y proporciones de los granos que constituyen el agregado, según la Norma INEN 696
- Densidad real de los agregados. - Es el peso de las partículas relacionadas con el volumen que ocupa, según la Norma INEN 857
- Densidad real del cemento. - Peso del cemento por centímetro cúbico del espécimen, según la Norma INEN 156

Los ensayos al bloque celular serán según la Norma INEN 639.

- Ensayo de absorción. - Permite determinar la cantidad de agua que absorbe el bloque hasta llegar a su saturación.
- Ensayo de contenido de humedad. – Cantidad de agua que presenta el bloque entre su estado saturado y su estado seco.
- Ensayo de densidad. - Relación entre la masa y el volumen bruto del espécimen.
- Calculo del área neta. - Es el área de sección transversal que está en contacto el bloque
- Calculo del área bruta. - Es el área de sección transversal total del bloque.

En la siguiente tabla se muestran los valores mínimos de resistencia a la compresión en mega pascales; 1Mpa = 10,2 Kg/cm²

TABLA N° 5. Clasificación del bloque, de acuerdo a sus usos y resistencia a la compresión

CLASE	USO	Resistencia mínima a la compresión (Mpa*) a los 28 días
A	Paredes exteriores de carga, sin revestimiento	6
B	Paredes exteriores de carga, con revestimiento	4
C	Paredes interiores de carga, con o sin revestimiento	3
D	Paredes divisorias exteriores, con o sin revestimiento	2
E	Losas alivianadas de hormigón armado	2

***Fuente:** Norma Técnica Ecuatoriana (INEN 638 2014)*

Los bloques celulares de esta investigación de acuerdo a su uso serán de clase “D”.

2.2. Hipótesis.

La elaboración de un bloque celular mediante la adición de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno permitirá obtener un bloque de igual o superior resistencia con menor densidad real.

2.3. Señalamiento de las variables de la hipótesis.

2.2.1. Variable independiente.

Adición de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno.

2.2.2. Variable dependiente.

Bloque de igual o superior resistencia con menor densidad real.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipos de investigación

El presente trabajo de investigación requiere de los siguientes tipos de investigación:

3.1.1. *Investigación exploratoria*

Es una investigación que pretende dar una visión general, de tipo aproximativo, respecto a una determinada realidad. Este tipo de investigación se realiza especialmente cuando el tema elegido ha sido poco explorado. [14]

Este tipo de investigación permitirá dar a conocer la densidad que se obtiene al añadir polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno en la fabricación de un bloque celular, permitiendo conseguir una disminución en la carga muerta de paredes en las edificaciones.

3.1.2. *Investigación experimental*

La investigación experimental consiste en hacer un cambio en el valor de una variable (variable independiente) y observar su efecto o cambio en otra variable (variable dependiente). [15]

Será experimental debido a que se va realizar muestras del bloque celular con diferentes porcentajes de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno para poder observar los cambios que se van presentando en la resistencia a la compresión y densidad de dichos especímenes y así analizar los resultados obtenidos.

3.1.3. *Investigación de laboratorio*

La investigación de laboratorio permite hacer referencia a las metodologías de laboratorio para la investigación que emplean herramientas y métodos de orientación numérica. [16]

Será de laboratorio porque la metodología adoptada necesitará de un control de su resistencia a la compresión que presenta a través del tiempo. Se utilizarán los laboratorios del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Ambato.

3.2. Población y muestra

Abarca lo referente a bloques huecos estipulados en la norma INEN 638 “BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN. DEFINICIONES, CLASIFICACIÓN Y CONDICIONES GENERALES”, INEN 639 “BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN. MUESTREO Y ENSAYOS” para este proyecto se consideró como población y muestra el número de bloques celulares elaborados, en los cuales se realizará el proceso de curado y serán sometidos a ensayos a los 7, 14 y 28 días de edad, según la norma, se debe tomar 3 bloques como muestra, pero para este proyecto experimental y para obtener mejor confiabilidad en los resultados se recogerán 12 especímenes para ensayar.

TABLA N° 6. Cantidad de bloques celulares a elaborarse

		Bloque convencional	Bloque celular con polvo de aluminio			Bloque celular con peróxido de hidrógeno		
% adc.		0	0.10	0.15	0.20	0.10	0.15	0.20
edad (días)	7	9	12	12	12	12	12	12
	14	9	12	12	12	12	12	12
	28	9	12	12	12	12	12	12

Fuente: Autor

3.3. Operacionalización de variables

3.3.1. Variable independiente.

Adición de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno.

TABLA N° 7. Operacionalización de la variable independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS INSTRUMENTOS.
La adición de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno al combinarse con varios componentes reaccionan químicamente, generando así un agente gaseoso .	Componentes	Cemento	¿Cuál es la densidad optima del cemento?	Investigación Bibliográfica. Ensayos de laboratorio. Norma: ASTM
		Agua	¿Cuál debe ser la calidad del agua?	Investigación Bibliográfica. Norma: INEN
	Agente gaseoso	Desprendimiento de gas	¿Cómo ayuda el desprendimiento de gas al bloque celular?	Investigación Bibliográfica.
		Burbujas de aire	¿Cuál es la cantidad adecuada de burbujas de aire para el bloque celular?	Investigación Bibliográfica. Ensayos de laboratorio.

3.3.2. Variable dependiente.

Bloque de igual resistencia con menor densidad.

TABLA N° 8. Operacionalización de la variable dependiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS INSTRUMENTOS.
El bloque celular consiste en un mampuesto de menor densidad pero que conserva la misma resistencia al igual que un bloque convencional.	Resistencia	Resistencia	¿Cómo influye la adición de los materiales para la resistencia del bloque celular?	Investigación Bibliográfica. Ensayos de laboratorio. Norma: ASTM
		Tiempo de fraguado	¿Cómo influye el tiempo de fraguado del bloque celular en su resistencia?	Investigación Bibliográfica. Ensayos de laboratorio. Norma: INEN
	Densidad	Cemento	¿Cómo influye la densidad real del cemento en el peso del bloque celular?	Investigación Bibliográfica. Ensayos de laboratorio. Norma: INEN
		Agregado	¿Cómo influye la densidad real de los agregados en el peso del bloque celular?	Investigación Bibliográfica. Ensayos de laboratorio. Norma: INEN

3.4. Plan de recolección de información

TABLA N° 9. Recolección de información

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
1. ¿Qué evaluar?	La resistencia a la compresión y densidad real de un bloque convencional y un bloque celular adicionando polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno.
2. ¿Sobre qué evaluar?	Los elementos que forman parte de la elaboración del bloque.
3. ¿Sobre qué aspectos?	Resistencia a la compresión y densidad real del bloque celular Porcentajes óptimos de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno
4. ¿Quién evalúa?	Egdo. Angel Tuhesman Sarango Estrella Tutor. Ing. Mg. Chérrez Gavilanes Diego
5. ¿A quiénes evalúa?	A los especímenes elaborados: 27 bloques convencionales, 108 bloques con polvo de aluminio y 108 bloques con peróxido de hidrógeno
6. ¿Dónde evalúa?	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato. Laboratorios de suelos de GAD Municipal de Ambato
7. ¿Cómo y con qué?	Investigación Bibliográfica Ensayos de Laboratorio Norma INEN

Fuente: Autor

Plan de procesamiento y análisis

Este procedimiento se guiará según [17]

3.4.1. Plan de Procesamiento de la Información

- Recopilación y procesamiento de la información obtenida.
- Tabulación de los resultados adquiridos, manejo de la información.
- Representación gráfica, para la interpretación de los resultados.

3.4.2. Plan de Análisis

- Análisis de los resultados obtenidos con los objetivos y la hipótesis propuesta.
- Verificación de la hipótesis en base a los resultados adquiridos en la investigación.
- Planteamiento de las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

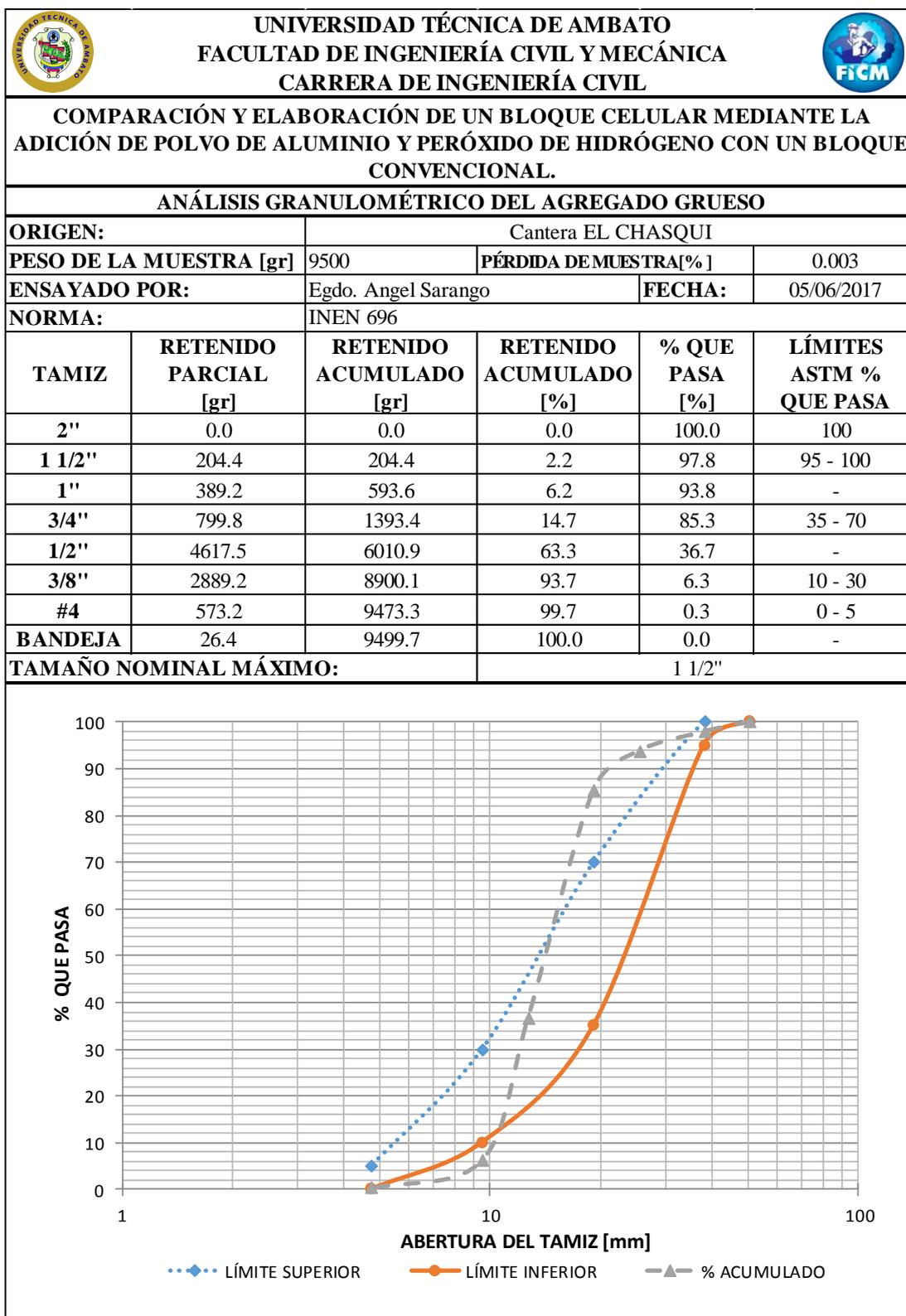
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Metodología de trabajo

Para este capítulo se procedió a realizar los ensayos descritos en las siguientes normas

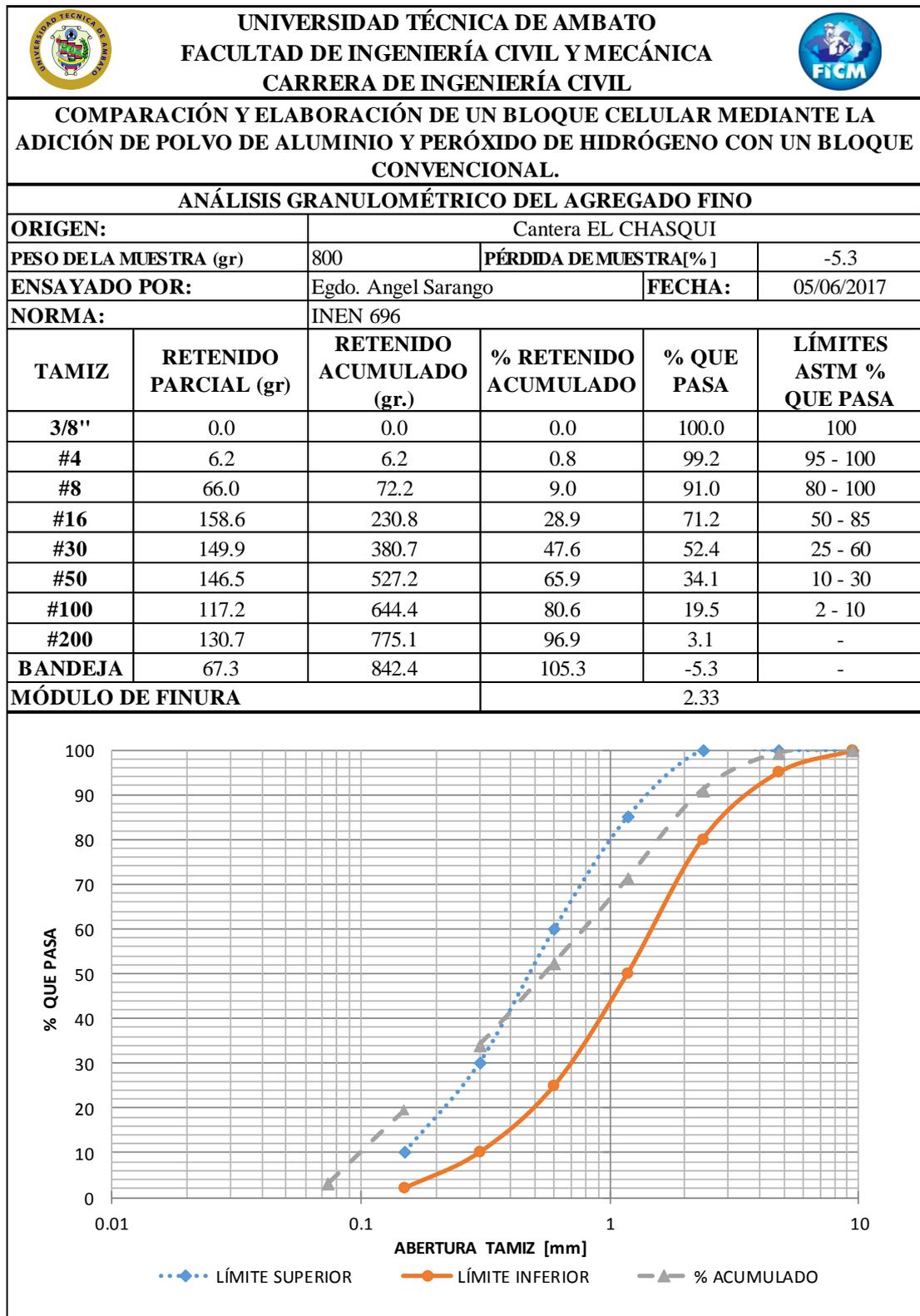
- Granulometría para agregado fino y grueso INEN 696
- Densidad real de los agregados INEN 857
- Densidad real del cemento INEN 156
- Bloques huecos de hormigón. muestreo y ensayos INEN 639

TABLA N° 10. Análisis granulométrico del agregado grueso



Fuente: Autor

TABLA N° 11. Análisis granulométrico del agregado fino



Fuente: Autor

TABLA N° 12. Densidad real del cemento

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.				
DENSIDAD REAL DEL CEMENTO				
ORIGEN:	Cemento Armaduro	NORMA	NTE INEN 156	
ENSAYADO POR:	Egdo. Angel Sarango	FECHA:	05/06/2017	
DATOS	CORRESPONDENCIA	UNIDAD	M1	M2
M1	MASA DEL PICNÓMETRO	gr	163.2	152.6
M2	MASA DEL PICNÓMETRO + CEMENTO	gr	343.2	332.6
M3	MASA DEL PICNÓMETRO + CEMENTO + GASOLINA	gr	664.3	656.8
M4 = M3 - M2	MASA GASOLINA AÑADIDA	gr	321.1	324.2
M5	MASA DEL PICNÓMETRO + 500 cm ³ GASOLINA	gr	529.2	520.9
M6 = M5 - M1	MASA 500 cm ³ GASOLINA	gr	366.0	368.3
DG = M6 / 500	DENSIDAD DE LA GASOLINA	gr./cm³	0.732	0.737
M7 = M6 - M4	MASA GASOLINA DESALOJADA POR EL CEMENTO	gr	44.92	44.1
MC = M2 - M1	MASA DE CEMENTO	gr	180	180
VG = M7 / DG	VOLUMEN DE GASOLINA DESALOJADA	cm³	61.37	59.87
DRC = MC/VG	DENSIDAD REAL DEL CEMENTO	gr./cm³	2.933	3.007
P = (DRC1 + DRC2) / 2	DENSIDAD REAL PROMEDIO DEL CEMENTO	gr./cm³	2.970	

Fuente: Autor

TABLA N° 13. Densidad real del agregado grueso

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> 			
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.			
DENSIDAD REAL DEL AGREGADO GRUESO			
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI	NORMA:	INEN 857
ENSAYADO POR:	Egdo. Angel Sarango	FECHA:	05/06/2017
DATO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
M1	MASA DE LA CANASTILLA EN EL AIRE	[gr]	1492
M2	MASA DE LA CANASTILLA EN EL AGUA	[gr]	1336
M3	MASA DE LA CANASTILLA + MUESTRA S.S.S. EN EL AIRE	[gr]	5489
M4	MASA DE LA CANASTILLA + MUESTRA S.S.S. EN EL AGUA	[gr]	3813
DA	DENSIDAD REAL DEL AGUA	[gr/cm ³]	1.000
M5 = M3 - M1	MASA DE LA MUESTRA S.S.S. EN EL AIRE	[gr]	3997
M6 = M4 - M2	MASA DE LA MUESTRA S.S.S. EN EL AGUA	[gr]	2477
VR = (M5-M6) / DA	VOLUMEN REAL DE LA MUESTRA	[cm ³]	1520
DR = M5 / VR	DENSIDAD REAL DEL RIPIO	[gr/cm ³]	2.630

Fuente: Autor

TABLA N° 14. Densidad real del agregado fino

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.			
DENSIDAD REAL DEL POLVO			
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI	NORMA:	INEN 857
ENSAYADO POR:	Egdo. Angel Sarango	FECHA:	05/06/2017
DATO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
M1	MASA DEL PICNÓMETRO	[gr]	163.2
M2	MASA DEL PICNÓMETRO + MUESTRA S.S.S.	[gr]	286.7
M3	MASA DEL PICNÓMETRO + MUESTRA S.S.S. + AGUA	[gr]	735.5
M4 = M3 - M2	MASA AGUA AÑADIDA	[gr]	448.8
M5	MASA PICNÓMETRO + 500 cm ³ DE AGUA	[gr]	659.8
M6 = M5 - M1	MASA DE 500 cm ³ DE AGUA	[gr]	496.6
DA = M6 / 500 cm³	DENSIDAD DEL AGUA	[gr/cm ³]	1.000
M7 = M6 - M4	MASA DE AGUA DESALOJADA POR LA MUESTRA	[gr]	47.8
Msss = M2 - M1	MASA DEL AGREGADO	[gr]	123.5
Vsss = M7 / DA	VOLUMEN DE AGUA DESALOJADA	[cm ³]	47.8
DRA = Msss / Vsss	DENSIDAD REAL DEL POLVO	[gr/cm ³]	2.584

Fuente: Autor

4.1.1. Dosificación

TABLA N° 15. *Dosificación del bloque convencional*

DOSIFICACIÓN DEL BLOQUE CONVENCIONAL			
Material	Dosificación al peso por bloque (Kg)	Cantidad en Kg por saco de cemento	Cantidad de material en carretillas
Cemento	0.7	50	1 (saco)
Chasqui	10.15	721	5 (carretillas)
Polvo	7.25	515	4 (carretillas)
Agua	1	60	60 (litros)

Fuente: Autor

TABLA N° 16. *Dosificación del bloque celular*

Polvo de aluminio			Peróxido de hidrógeno (ml)			Cal		
Porcentaje	Dosificación al peso por bloque (gr)	Cantidad en Kg por saco de cemento	Porcentaje	Dosificación al peso por bloque (ml)	Cantidad en ml por saco de cemento	Porcentaje	Dosificación al peso por bloque (gr)	Cantidad en Kg por saco de cemento
0.10%	18.1	1.29	0.10%	13	923	0.50%	90.5	6.43
0.15%	27.15	1.93	0.15%	19	1349			
0.20%	36.2	2.57	0.20%	26	1846			

Fuente: Autor

4.2. Análisis de resultados

Debido a la norma INEN 639 se debe realizar el cálculo de área bruta y área neta para saber cuál es la superficie del bloque que soportarán las cargas horizontales y verticales.

Cálculos Típicos

Cálculo del área neta

$$\text{Área neta} = (L * W) - ac$$

$$\text{Área celda} = (l * w) * \#celdas$$

$$ac = (110 \text{ mm} * 80 \text{ mm}) * 3$$

$$ac = 26400 \text{ mm}^2$$

$$An = (400 \text{ mm} * 120 \text{ mm}) - 26400 \text{ mm}^2$$

$$An = 48000 \text{ mm}^2 - 26400 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área neta} = 21600 \text{ mm}^2$$

Cálculo del área bruta

$$\text{Área bruta} = (L * W)$$

$$Ag = 400 \text{ mm} * 120 \text{ mm}$$

$$Ag = 48000 \text{ mm}^2$$

Cálculo de esfuerzo a la compresión

$$\delta = \frac{P}{A}$$

$$\delta = \frac{5352.49 \text{ Kg}}{12 \text{ cm} * 40 \text{ cm}}$$

$$\delta = 11.15 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\delta = 1.09 \text{ Mpa}$$

Cálculo de la densidad real

$$D = \frac{Md}{Ms - Mi} * 1000$$

$$D = \frac{7.295 \text{ Kg}}{9.315 \text{ Kg} - 3.185 \text{ Kg}} * 1000$$

$$D = 1190.05 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Simbología:

An = Área neta del espécimen

Ag = Área bruta del espécimen

ac = Área de la celda

L = Longitud del espécimen

W = Ancho del espécimen

l = Longitud de la celda

w = Ancho de la celda

δ = Esfuerzo a la compresión

P = Carga

A = Área del bloque

D = Densidad

Mi = Peso sumergido del bloque

Ms = Peso saturado del bloque

Md = Peso seco del bloque

TABLA N° 17. Resistencia a la compresión del bloque celular con polvo de aluminio a los 7 días de edad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 															
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.															
ENSAYO A COMPRESIÓN DE BLOQUE CELULAR A LOS 7 DÍAS DE EDAD											ADICIÓN:		POLVO DE ALUMINIO		
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI									NORMA		NTE INEN 639			
REALIZADO POR:	Egdo. Angel Sarango									ALTURA DEL BLOQUE [cm]:		20			
BLOQUE N°	% DE POLVO DE ALUMINIO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	ANCHO [cm]	LARGO [cm]	ÁREA [cm ²]	VOLUMEN [m ³]	PESO [Kg]	DENSIDAD [Kg/m ³]	DENSIDAD MEDIA	CARGA		ESFUERZO COMPRESIÓN [Kg/cm ²]	ESFUERZO COMPRESIÓN [Mpa]	ESFUERZO MEDIO [Mpa]
											KN	KG			
1	0.10	13/06/2017	20/06/2017	12	40	480	0.0096	8.239	858.23	859.94	52.49	5352.49	11.15	1.09	1.03
2				12	40	480	0.0096	8.274	861.88		45.47	4636.65	9.66	0.95	
3				12	40	480	0.0096	8.256	860.00		48.41	4936.45	10.28	1.01	
4				12	40	480	0.0096	8.263	860.73		50.11	5109.80	10.65	1.04	
5				12	40	480	0.0096	8.278	862.29		47.42	4835.49	10.07	0.99	
6				12	40	480	0.0096	8.224	856.67		51.02	5202.59	10.84	1.06	
7				12	40	480	0.0096	8.245	858.85		52.06	5308.64	11.06	1.08	
8				12	40	480	0.0096	8.237	858.02		48.30	4925.23	10.26	1.01	
9				12	40	480	0.0096	8.283	862.81		50.66	5165.88	10.76	1.06	
1	0.15	13/06/2017	20/06/2017	12	40	480	0.0096	7.543	785.73	785.57	64.74	6601.64	13.75	1.35	1.35
2				12	40	480	0.0096	7.532	784.58		66.75	6806.61	14.18	1.39	
3				12	40	480	0.0096	7.528	784.17		55.85	5695.12	11.86	1.16	
4				12	40	480	0.0096	7.537	785.10		71.70	7311.37	15.23	1.49	
5				12	40	480	0.0096	7.554	786.88		68.46	6980.98	14.54	1.43	
6				12	40	480	0.0096	7.568	788.33		72.64	7407.22	15.43	1.51	
7				12	40	480	0.0096	7.546	786.04		65.14	6642.43	13.84	1.36	
8				12	40	480	0.0096	7.533	784.69		59.33	6049.98	12.60	1.24	
9				12	40	480	0.0096	7.532	784.58		57.61	5874.59	12.24	1.20	
1	0.20	13/06/2017	20/06/2017	12	40	480	0.0096	8.150	848.96	848.53	69.51	7088.05	14.77	1.45	1.50
2				12	40	480	0.0096	8.143	848.23		74.23	7569.35	15.77	1.55	
3				12	40	480	0.0096	8.145	848.44		78.50	8004.77	16.68	1.64	
4				12	40	480	0.0096	8.157	849.69		72.79	7422.51	15.46	1.52	
5				12	40	480	0.0096	8.161	850.10		70.83	7222.65	15.05	1.48	
6				12	40	480	0.0096	8.137	847.60		73.39	7483.70	15.59	1.53	
7				12	40	480	0.0096	8.123	846.15		70.93	7232.85	15.07	1.48	
8				12	40	480	0.0096	8.148	848.75		69.32	7068.67	14.73	1.44	
9				12	40	480	0.0096	8.149	848.85		70.33	7171.66	14.94	1.47	

Fuente: Autor

TABLA N° 18. Resistencia a la compresión del bloque celular con peróxido de hidrógeno a los 7 días de edad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 															
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.															
ENSAYO A COMPRESIÓN DE BLOQUE CELULAR A LOS 7 DÍAS DE EDAD										ADICIÓN:		PERÓXIDO DE HIDRÓGENO			
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI									NORMA		NTE INEN 639			
REALIZADO POR:	Egdo. Angel Sarango									ALTURA DEL BLOQUE [cm]:		20			
BLOQUE N°	% DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	ANCHO [cm]	LARGO [cm]	ÁREA [cm ²]	VOLUMEN [m ³]	PESO [Kg]	DENSIDAD [Kg/m ³]	DENSIDAD MEDIA	CARGA		ESFUERZO COMPRESIÓN [Kg/cm ²]	ESFUERZO COMPRESIÓN [Mpa]	ESFUERZO MEDIO [Mpa]
											KN	KG			
1	0.10	13/06/2017	20/06/2017	12	40	480	0.0096	7.838	816.46	837.69	51.50	5251.54	10.94	1.07	1.13
2				12	40	480	0.0096	8.141	848.02		52.56	5359.93	11.17	1.10	
3				12	40	480	0.0096	8.118	845.63		51.38	5239.30	10.92	1.07	
4				12	40	480	0.0096	8.121	845.94		47.50	4843.65	10.09	0.99	
5				12	40	480	0.0096	7.934	826.46		51.21	5221.97	10.88	1.07	
6				12	40	480	0.0096	7.935	826.56		59.05	6021.42	12.54	1.23	
7				12	40	480	0.0096	8.011	834.48		57.81	5894.98	12.28	1.20	
8				12	40	480	0.0096	8.141	848.02		55.86	5696.13	11.87	1.16	
9				12	40	480	0.0096	8.137	847.60		63.11	6435.43	13.41	1.31	
1	0.15	13/06/2017	20/06/2017	12	40	480	0.0096	8.210	855.21	852.35	57.75	5888.86	12.27	1.20	1.27
2				12	40	480	0.0096	8.195	853.65		71.36	7276.69	15.16	1.49	
3				12	40	480	0.0096	8.185	852.60		59.46	6063.23	12.63	1.24	
4				12	40	480	0.0096	8.125	846.35		56.22	5732.84	11.94	1.17	
5				12	40	480	0.0096	8.188	852.92		52.09	5311.70	11.07	1.09	
6				12	40	480	0.0096	8.190	853.13		69.30	7066.63	14.72	1.44	
7				12	40	480	0.0096	8.125	846.35		62.58	6381.38	13.29	1.30	
8				12	40	480	0.0096	8.206	854.79		57.10	5822.58	12.13	1.19	
9				12	40	480	0.0096	8.219	856.15		60.93	6213.13	12.94	1.27	
1	0.20	13/06/2017	20/06/2017	12	40	480	0.0096	8.143	848.23	849.03	51.56	5257.66	10.95	1.07	1.09
2				12	40	480	0.0096	8.129	846.77		54.51	5558.47	11.58	1.14	
3				12	40	480	0.0096	8.152	849.17		50.32	5131.21	10.69	1.05	
4				12	40	480	0.0096	8.167	850.73		36.89	3761.73	7.84	0.77	
5				12	40	480	0.0096	8.177	851.77		38.19	3894.30	8.11	0.80	
6				12	40	480	0.0096	8.144	848.33		48.09	4903.82	10.22	1.00	
7				12	40	480	0.0096	8.137	847.60		64.11	6537.40	13.62	1.34	
8				12	40	480	0.0096	8.151	849.06		57.63	5876.62	12.24	1.20	
9				12	40	480	0.0096	8.156	849.58		68.47	6982.00	14.55	1.43	

Fuente: Autor

TABLA N° 19. Resistencia a la compresión del bloque convencional a los 7 días de edad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 															
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.															
ENSAYO A COMPRESIÓN DE BLOQUE CONVENCIONAL A LOS 7 DÍAS DE EDAD												ADICIÓN:		-	
ORIGEN:		Cantera EL CHASQUI								NORMA		NTE INEN 639			
REALIZADO POR:		Egdo. Angel Sarango								ALTURA DEL BLOQUE [cm]:		20			
BLOQUE N°	BLOQUE CONVENCIONAL	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	ANCHO [cm]	LARGO [cm]	ÁREA [cm ²]	VOLUMEN [m ³]	PESO [Kg]	DENSIDAD [Kg/m ³]	DENSIDAD MEDIA	CARGA		ESFUERZO COMPRESIÓN [Kg/cm ²]	ESFUERZO COMPRESIÓN [Mpa]	ESFUERZO MEDIO [Mpa]
											KN	KG			
1		13/06/2017	20/06/2017	12	40	480	0.0096	7.838	816.46	834.84	35.53	3623.05	7.55	0.74	0.87
2				12	40	480	0.0096	8.141	848.02		39.07	3984.03	8.30	0.81	
3				12	40	480	0.0096	8.118	845.63		43.84	4470.44	9.31	0.91	
4				12	40	480	0.0096	8.121	845.94		47.73	4867.11	10.14	0.99	
5				12	40	480	0.0096	7.934	826.46		40.48	4127.81	8.60	0.84	
6				12	40	480	0.0096	7.935	826.56		43.66	4452.08	9.28	0.91	

Fuente: Autor

TABLA N° 20. Resistencia a la compresión del bloque celular con polvo de aluminio a los 14 días de edad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 															
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.															
ENSAYO A COMPRESIÓN DE BLOQUE CELULAR A LOS 14 DÍAS DE EDAD												ADICIÓN:		POLVO DE ALUMINIO	
ORIGEN:		Cantera EL CHASQUI								NORMA		NTE INEN 639			
REALIZADO POR:		Egdo. Angel Sarango								ALTURA DEL BLOQUE [cm]:		20			
BLOQUE N°	% DE POLVO DE ALUMINIO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	ANCHO [cm]	LARGO [cm]	ÁREA [cm ²]	VOLUMEN [m ³]	PESO [Kg]	DENSIDAD [Kg/m ³]	DENSIDAD MEDIA	CARGA		ESFUERZO COMPRESIÓN [Kg/cm ²]	ESFUERZO COMPRESIÓN [Mpa]	ESFUERZO MEDIO [Mpa]
											KN	KG			
1	0.10	13/06/2017	27/06/2017	12	40	480	0.0096	8.445	879.68	881.44	66.79	6810.68	14.19	1.39	1.18
2				12	40	480	0.0096	8.481	883.42		52.49	5352.49	11.15	1.09	
3				12	40	480	0.0096	8.462	881.50		61.17	6237.60	13.00	1.27	
4				12	40	480	0.0096	8.470	882.25		57.44	5857.25	12.20	1.20	
5				12	40	480	0.0096	8.485	883.85		53.68	5473.84	11.40	1.12	
6				12	40	480	0.0096	8.430	878.08		56.67	5778.73	12.04	1.18	
7				12	40	480	0.0096	8.451	880.33		53.09	5413.67	11.28	1.11	
8				12	40	480	0.0096	8.443	879.47		51.27	5228.09	10.89	1.07	
9				12	40	480	0.0096	8.490	884.38		59.10	6026.52	12.56	1.23	
1	0.15	13/06/2017	27/06/2017	12	40	480	0.0096	7.732	805.37	805.21	68.81	7016.67	14.62	1.43	1.60
2				12	40	480	0.0096	7.720	804.20		73.82	7527.55	15.68	1.54	
3				12	40	480	0.0096	7.716	803.77		83.20	8484.04	17.68	1.73	
4				12	40	480	0.0096	7.725	804.73		77.06	7857.93	16.37	1.61	
5				12	40	480	0.0096	7.743	806.55		78.18	7972.14	16.61	1.63	
6				12	40	480	0.0096	7.757	808.04		88.43	9017.35	18.79	1.84	
7				12	40	480	0.0096	7.735	805.69		66.57	6788.25	14.14	1.39	
8				12	40	480	0.0096	7.721	804.30		75.92	7741.69	16.13	1.58	
9				12	40	480	0.0096	7.720	804.20		78.42	7996.61	16.66	1.63	
1	0.20	13/06/2017	27/06/2017	12	40	480	0.0096	8.354	870.18	869.74	80.06	8163.85	17.01	1.67	1.81
2				12	40	480	0.0096	8.347	869.43		82.58	8420.82	17.54	1.72	
3				12	40	480	0.0096	8.349	869.65		83.17	8480.98	17.67	1.73	
4				12	40	480	0.0096	8.361	870.93		91.90	9371.19	19.52	1.91	
5				12	40	480	0.0096	8.365	871.36		87.95	8968.40	18.68	1.83	
6				12	40	480	0.0096	8.340	868.79		91.22	9301.85	19.38	1.90	
7				12	40	480	0.0096	8.326	867.30		89.81	9158.07	19.08	1.87	
8				12	40	480	0.0096	8.352	869.97		85.90	8759.36	18.25	1.79	
9				12	40	480	0.0096	8.353	870.08		88.10	8983.70	18.72	1.84	

Fuente: Autor

TABLA N° 21. Resistencia a la compresión del bloque celular con peróxido de hidrógeno a los 14 días de edad

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p> 															
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.															
ENSAYO A COMPRESIÓN DE BLOQUE CELULAR A LOS 14 DÍAS DE EDAD												ADICIÓN:		PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI									NORMA		NTE INEN 639			
REALIZADO POR:	Egdo. Angel Sarango									ALTURA DEL BLOQUE [cm]:		20			
BLOQUE N°	% DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	ANCHO [cm]	LARGO [cm]	ÁREA [cm ²]	VOLUMEN [m ³]	PESO [Kg]	DENSIDAD [Kg/m ³]	DENSIDAD MEDIA	CARGA		ESFUERZO COMPRESIÓN [Kg/cm ²]	ESFUERZO COMPRESIÓN [Mpa]	ESFUERZO MEDIO [Mpa]
											KN	KG			
1	0.10	13/06/2017	27/06/2017	12	40	480	0.0096	8.034	836.87	858.63	79.67	8124.08	16.93	1.66	1.63
2				12	40	480	0.0096	8.345	869.22		81.55	8315.79	17.32	1.70	
3				12	40	480	0.0096	8.321	866.77		59.40	6057.11	12.62	1.24	
4				12	40	480	0.0096	8.324	867.09		84.38	8604.37	17.93	1.76	
5				12	40	480	0.0096	8.132	847.12		73.42	7486.76	15.60	1.53	
6				12	40	480	0.0096	8.133	847.23		83.09	8472.82	17.65	1.73	
7				12	40	480	0.0096	8.211	855.34		72.95	7438.83	15.50	1.52	
8				12	40	480	0.0096	8.345	869.22		79.73	8130.20	16.94	1.66	
9				12	40	480	0.0096	8.340	868.79		91.93	9374.25	19.53	1.92	
1	0.15	13/06/2017	27/06/2017	12	40	480	0.0096	8.415	876.59	873.66	81.14	8273.98	17.24	1.69	1.75
2				12	40	480	0.0096	8.400	874.99		73.48	7492.87	15.61	1.53	
3				12	40	480	0.0096	8.390	873.92		76.25	7775.34	16.20	1.59	
4				12	40	480	0.0096	8.328	867.51		79.38	8094.51	16.86	1.65	
5				12	40	480	0.0096	8.393	874.24		77.14	7866.09	16.39	1.61	
6				12	40	480	0.0096	8.395	874.45		85.68	8736.93	18.20	1.79	
7				12	40	480	0.0096	8.328	867.51		93.75	9559.84	19.92	1.95	
8				12	40	480	0.0096	8.411	876.16		95.23	9710.76	20.23	1.98	
9				12	40	480	0.0096	8.424	877.55		92.99	9482.34	19.75	1.94	
1	0.20	13/06/2017	27/06/2017	12	40	480	0.0096	8.347	869.43	870.25	75.02	7649.91	15.94	1.56	1.39
2				12	40	480	0.0096	8.332	867.94		51.56	5257.66	10.95	1.07	
3				12	40	480	0.0096	8.356	870.40		49.20	5017.00	10.45	1.03	
4				12	40	480	0.0096	8.371	872.00		63.99	6525.16	13.59	1.33	
5				12	40	480	0.0096	8.381	873.07		70.89	7228.77	15.06	1.48	
6				12	40	480	0.0096	8.348	869.54		85.27	8695.12	18.11	1.78	
7				12	40	480	0.0096	8.340	868.79		50.56	5155.69	10.74	1.05	
8				12	40	480	0.0096	8.355	870.29		73.54	7498.99	15.62	1.53	
9				12	40	480	0.0096	8.360	870.82		81.79	8340.26	17.38	1.70	

Fuente: Autor

TABLA N° 22. Resistencia a la compresión del bloque convencional a los 14 días de edad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 															
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.															
ENSAYO A COMPRESIÓN DE BLOQUE CONVENCIONAL A LOS 14 DÍAS DE EDAD												ADICIÓN:		-	
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI								NORMA		NTE INEN 639				
REALIZADO POR:	Egdo. Angel Sarango								ALTURA DEL BLOQUE [cm]:		20				
BLOQUE N°	BLOQUE CONVENCIONAL	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	ANCHO [cm]	LARGO [cm]	ÁREA [cm ²]	VOLUMEN [m ³]	PESO [Kg]	DENSIDAD [Kg/m ³]	DENSIDAD MEDIA	CARGA		ESFUERZO COMPRESIÓN [Kg/cm ²]	ESFUERZO COMPRESIÓN [Mpa]	ESFUERZO MEDIO [Mpa]
											KN	KG			
1		13/06/2017	27/06/2017	12	40	480	0.0096	8.034	836.87	855.71	73.48	7492.87	15.61	1.53	1.48
2				12	40	480	0.0096	8.345	869.22		71.58	7299.13	15.21	1.49	
3				12	40	480	0.0096	8.321	866.77		68.89	7024.82	14.64	1.44	
4				12	40	480	0.0096	8.324	867.09		74.59	7606.06	15.85	1.55	
5				12	40	480	0.0096	8.132	847.12		68.85	7020.75	14.63	1.43	
6				12	40	480	0.0096	8.133	847.23		69.87	7124.76	14.84	1.46	

Fuente: Autor

TABLA N° 23. Resistencia a la compresión del bloque celular con polvo de aluminio a los 28 días de edad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 															
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.															
ENSAYO A COMPRESIÓN DE BLOQUE CELULAR A LOS 28 DÍAS DE EDAD											ADICIÓN:		POLVO DE ALUMINIO		
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI									NORMA		NTE INEN 639			
REALIZADO POR:	Egdo. Angel Sarango									ALTURA DEL BLOQUE [cm]:		20			
BLOQUE N°	% DE POLVO DE ALUMINIO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	ANCHO [cm]	LARGO [cm]	ÁREA [cm ²]	VOLUMEN [m ³]	PESO [Kg]	DENSIDAD [Kg/m ³]	DENSIDAD MEDIA	CARGA		ESFUERZO COMPRESIÓN [Kg/cm ²]	ESFUERZO COMPRESIÓN [Mpa]	ESFUERZO MEDIO [Mpa]
											KN	KG			
1	0.10	13/06/2017	27/06/2017	12	40	480	0.0096	8.503	885.69	887.46	67.28	6860.65	14.29	1.40	1.34
2				12	40	480	0.0096	8.539	889.46		64.67	6594.50	13.74	1.35	
3				12	40	480	0.0096	8.520	887.52		59.09	6025.50	12.55	1.23	
4				12	40	480	0.0096	8.527	888.27		64.61	6588.39	13.73	1.35	
5				12	40	480	0.0096	8.543	889.89		58.26	5940.87	12.38	1.21	
6				12	40	480	0.0096	8.487	884.08		65.14	6642.43	13.84	1.36	
7				12	40	480	0.0096	8.509	886.34		58.61	5976.56	12.45	1.22	
8				12	40	480	0.0096	8.501	885.48		72.15	7357.25	15.33	1.50	
9				12	40	480	0.0096	8.548	890.42		70.26	7164.53	14.93	1.46	
1	0.15	13/06/2017	27/06/2017	12	40	480	0.0096	7.784	810.87	810.71	88.64	9038.76	18.83	1.85	1.83
2				12	40	480	0.0096	7.773	809.69		86.66	8836.86	18.41	1.81	
3				12	40	480	0.0096	7.769	809.26		88.32	9006.13	18.76	1.84	
4				12	40	480	0.0096	7.778	810.23		92.91	9474.18	19.74	1.94	
5				12	40	480	0.0096	7.796	812.06		86.83	8854.20	18.45	1.81	
6				12	40	480	0.0096	7.810	813.56		84.23	8589.07	17.89	1.75	
7				12	40	480	0.0096	7.787	811.20		90.70	9248.83	19.27	1.89	
8				12	40	480	0.0096	7.774	809.80		88.64	9038.76	18.83	1.85	
9				12	40	480	0.0096	7.773	809.69		85.50	8718.57	18.16	1.78	
1	0.20	13/06/2017	27/06/2017	12	40	480	0.0096	8.411	876.13	875.68	105.70	10778.40	22.46	2.20	2.14
2				12	40	480	0.0096	8.404	875.37		100.20	10217.56	21.29	2.09	
3				12	40	480	0.0096	8.406	875.59		107.37	10948.69	22.81	2.24	
4				12	40	480	0.0096	8.418	876.88		98.31	10024.83	20.89	2.05	
5				12	40	480	0.0096	8.422	877.31		110.85	11303.55	23.55	2.31	
6				12	40	480	0.0096	8.397	874.73		99.65	10161.47	21.17	2.08	
7				12	40	480	0.0096	8.383	873.22		108.26	11039.45	23.00	2.26	
8				12	40	480	0.0096	8.409	875.91		99.02	10097.23	21.04	2.06	
9				12	40	480	0.0096	8.410	876.02		96.35	9824.97	20.47	2.01	

Fuente: Autor

TABLA N° 24. Resistencia a la compresión del bloque celular con peróxido de hidrógeno a los 28 días de edad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 															
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.															
ENSAYO A COMPRESIÓN DE BLOQUE CELULAR A LOS 28 DÍAS DE EDAD												ADICIÓN:		PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI									NORMA		NTE INEN 639			
REALIZADO POR:	Egdo. Angel Sarango									ALTURA DEL BLOQUE [cm]:		20			
BLOQUE N°	% DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	ANCHO [cm]	LARGO [cm]	ÁREA [cm ²]	VOLUMEN [m ³]	PESO [Kg]	DENSIDAD [Kg/m ³]	DENSIDAD MEDIA	CARGA		ESFUERZO COMPRESIÓN [Kg/cm ²]	ESFUERZO COMPRESIÓN [Mpa]	ESFUERZO MEDIO [Mpa]
											KN	KG			
1	0.10	13/06/2017	27/06/2017	12	40	480	0.0096	8.089	842.59	864.49	55.27	5635.97	11.74	1.15	1.69
2				12	40	480	0.0096	8.402	875.16		55.80	5690.02	11.85	1.16	
3				12	40	480	0.0096	8.378	872.69		65.53	6682.20	13.92	1.37	
4				12	40	480	0.0096	8.381	873.01		95.64	9752.57	20.32	1.99	
5				12	40	480	0.0096	8.188	852.91		76.55	7805.93	16.26	1.59	
6				12	40	480	0.0096	8.189	853.01		118.09	12041.83	25.09	2.46	
7				12	40	480	0.0096	8.267	861.18		65.23	6651.61	13.86	1.36	
8				12	40	480	0.0096	8.402	875.16		82.15	8376.97	17.45	1.71	
9				12	40	480	0.0096	8.397	874.73		117.62	11993.90	24.99	2.45	
1	0.15	13/06/2017	27/06/2017	12	40	480	0.0096	8.473	882.58	879.62	97.28	9919.80	20.67	2.03	2.10
2				12	40	480	0.0096	8.457	880.96		95.33	9720.95	20.25	1.99	
3				12	40	480	0.0096	8.447	879.89		106.78	10888.53	22.68	2.22	
4				12	40	480	0.0096	8.385	873.44		93.90	9575.14	19.95	1.96	
5				12	40	480	0.0096	8.450	880.21		97.97	9990.16	20.81	2.04	
6				12	40	480	0.0096	8.452	880.43		105.89	10798.08	22.50	2.21	
7				12	40	480	0.0096	8.385	873.44		100.35	10233.26	21.32	2.09	
8				12	40	480	0.0096	8.469	882.15		105.60	10768.00	22.43	2.20	
9				12	40	480	0.0096	8.482	883.54		103.84	10588.94	22.06	2.16	
1	0.20	13/06/2017	27/06/2017	12	40	480	0.0096	8.404	875.37	876.20	67.94	6927.95	14.43	1.42	1.52
2				12	40	480	0.0096	8.389	873.87		54.57	5564.59	11.59	1.14	
3				12	40	480	0.0096	8.413	876.34		77.73	7926.25	16.51	1.62	
4				12	40	480	0.0096	8.428	877.95		67.30	6862.69	14.30	1.40	
5				12	40	480	0.0096	8.439	879.03		75.19	7667.25	15.97	1.57	
6				12	40	480	0.0096	8.405	875.48		73.48	7492.87	15.61	1.53	
7				12	40	480	0.0096	8.397	874.73		92.10	9391.59	19.57	1.92	
8				12	40	480	0.0096	8.412	876.23		69.36	7072.75	14.73	1.45	
9				12	40	480	0.0096	8.417	876.77		78.02	7955.83	16.57	1.63	

Fuente: Autor

TABLA N° 25. Resistencia a la compresión del bloque convencional a los 28 días de edad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 															
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.															
ENSAYO A COMPRESIÓN DE BLOQUE CONVENCIONAL A LOS 28 DÍAS DE EDAD												ADICIÓN:		-	
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI								NORMA		NTE INEN 639				
REALIZADO POR:	Egdo. Angel Sarango								ALTURA DEL BLOQUE [cm]:		20				
BLOQUE N°	BLOQUE CONVENCIONAL	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	ANCHO [cm]	LARGO [cm]	ÁREA [cm ²]	VOLUMEN [m ³]	PESO [Kg]	DENSIDAD [Kg/m ³]	DENSIDAD MEDIA	CARGA		ESFUERZO COMPRESIÓN [Kg/cm ²]	ESFUERZO COMPRESIÓN [Mpa]	ESFUERZO MEDIO [Mpa]
											KN	KG			
1		13/06/2017	27/06/2017	12	40	480	0.0096	8.089	842.59	861.56	87.48	8920.48	18.58	1.82	1.80
2				12	40	480	0.0096	8.402	875.16		85.58	8726.73	18.18	1.78	
3				12	40	480	0.0096	8.378	872.69		88.89	9064.26	18.88	1.85	
4				12	40	480	0.0096	8.381	873.01		84.59	8625.78	17.97	1.76	
5				12	40	480	0.0096	8.188	852.91		80.85	8244.41	17.18	1.68	
6				12	40	480	0.0096	8.189	853.01		89.87	9164.19	19.09	1.87	

Fuente: Autor

TABLA N° 26. Absorción del bloque celular y bloque convencional adicionado polvo de aluminio a los 7 días de edad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 											
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.											
ENSAYO DE ABSORCIÓN A LOS 7 DÍAS DE EDAD											
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI					ADICIÓN:	POLVO DE ALUMINIO				
REALIZADO POR:	Egdo. Angel Sarango					NORMA	NTE INEN 639				
BLOQUE N°	% DE POLVO DE ALUMINIO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO SATURADO (Ms) [Kg]	PESO SUMERGIDO (Mi) [Kg]	PESO SECO (Md) [Kg]	ABSORSIÓN [Kg/m ³]	ABSORSIÓN [Kg/m ³]	ABSORSIÓN [%]	ABSORSIÓN [%]	
1	0.10%	13/06/2017	20/06/2017	9.315	3.185	7.295	329.53	327.32	27.69	26.67	
2				9.125	3.048	7.321	296.857		24.64		
3				9.001	3.514	7.050	355.568		27.67		
1	0.15%	13/06/2017	20/06/2017	8.904	2.963	6.992	321.831	327.53	27.35	27.69	
2				9.106	3.028	7.131	324.942		27.70		
3				9.033	3.143	7.055	335.823		28.04		
1	0.20%	13/06/2017	20/06/2017	9.262	3.112	7.128	346.992	340.64	29.94	28.87	
2				9.587	3.330	7.477	337.222		28.22		
3				9.320	3.208	7.256	337.696		28.45		
1	CONVENCIONAL	13/06/2017	20/06/2017	7.508	2.545	6.850	132.581	158.22	9.61	12.12	
2				7.647	2.327	6.600	196.805		15.86		
3				7.823	2.536	7.055	145.262		10.89		

Fuente: Autor

TABLA N° 27. Absorción del bloque celular y bloque convencional adicionado peróxido de hidrógeno a los 7 días de edad

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.										
ENSAYO DE ABSORCIÓN A LOS 7 DÍAS DE EDAD										
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI					ADICIÓN:	PERÓXIDO DE HIDRÓGENO			
REALIZADO POR:	Egdo. Angel Sarango					NORMA	NTE INEN 639			
BLOQUE N°	% DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO SATURADO (Ms) [Kg]	PESO SUMERGIDO (Mi) [Kg]	PESO SECO (Md) [Kg]	ABSORSIÓN [Kg/m ³]	ABSORSIÓN [Kg/m ³]	ABSORSIÓN [%]	ABSORSIÓN [%]
1	0.10%	13/06/2017	20/06/2017	9.118	3.246	7.534	269.75	342.96	21.02	27.70
2				9.773	3.689	7.308	405.161		33.73	
3				9.523	3.579	7.419	353.970		28.36	
1	0.15%	13/06/2017	20/06/2017	8.574	2.901	7.205	241.319	329.00	19.00	28.37
2				9.261	3.288	7.066	367.487		31.06	
3				9.379	2.943	6.945	378.185		35.05	
1	0.20%	13/06/2017	20/06/2017	9.185	3.098	7.118	339.576	353.35	29.04	30.62
2				9.876	3.410	7.230	409.217		36.60	
3				9.369	3.117	7.423	311.260		26.22	
1	CONVENCIONAL	13/06/2017	20/06/2017	7.508	2.545	6.850	132.581	158.22	9.61	12.12
2				7.647	2.327	6.600	196.805		15.86	
3				7.823	2.536	7.055	145.262		10.89	

Fuente: Autor

TABLA N° 28. Absorción del bloque celular y bloque convencional adicionado polvo de aluminio a los 14 días de edad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 										
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.										
ENSAYO DE ABSORCIÓN A LOS 14 DÍAS DE EDAD										
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI					ADICIÓN:	POLVO DE ALUMINIO			
REALIZADO POR:	Egdo. Angel Sarango					NORMA	NTE INEN 639			
BLOQUE N°	% DE POLVO DE ALUMINIO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO SATURADO (Ms) [Kg]	PESO SUMERGIDO (Mi) [Kg]	PESO SECO (Md) [Kg]	ABSORCIÓN [Kg/m ³]	ABSORCIÓN [Kg/m ³]	ABSORCIÓN [%]	ABSORCIÓN [%]
1	0.10%	13/06/2017	27/06/2017	9.302	3.372	7.495	304.72	321.11	24.11	25.34
2				9.901	3.780	7.868	332.135		25.84	
3				9.734	3.568	7.721	326.468		26.07	
1	0.15%	13/06/2017	27/06/2017	8.878	2.941	7.075	303.689	325.57	25.48	27.65
2				9.297	3.197	7.202	343.443		29.09	
3				9.145	3.010	7.123	329.584		28.39	
1	0.20%	13/06/2017	27/06/2017	9.334	3.071	7.234	335.303	342.98	29.03	29.30
2				9.749	3.418	7.576	343.232		28.68	
3				9.591	3.244	7.367	350.402		30.19	
1	CONVENCIONAL	13/06/2017	27/06/2017	8.482	3.140	7.482	187.196	214.49	13.37	16.42
2				8.536	2.993	7.510	185.098		13.66	
3				8.638	2.841	7.066	271.175		22.25	

Fuente: Autor

TABLA N° 29. Absorción del bloque celular y bloque convencional adicionado peróxido de hidrógeno a los 14 días de edad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 										
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.										
ENSAYO DE ABSORCIÓN A LOS 14 DÍAS DE EDAD										
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI					ADICIÓN:	PERÓXIDO DE HIDRÓGENO			
REALIZADO POR:	Egdo. Angel Sarango					NORMA	NTE INEN 639			
BLOQUE N°	% DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO SATURADO (Ms) [Kg]	PESO SUMERGIDO (Mi) [Kg]	PESO SECO (Md) [Kg]	ABSORCIÓN [Kg/m ³]	ABSORCIÓN [Kg/m ³]	ABSORCIÓN [%]	ABSORCIÓN [%]
1	0.10%	13/06/2017	27/06/2017	9.407	3.161	7.740	266.89	289.96	21.54	23.61
2				9.280	3.287	7.553	288.170		22.87	
3				9.300	3.125	7.356	314.818		26.43	
1	0.15%	13/06/2017	27/06/2017	9.083	3.123	7.290	300.839	292.02	24.60	23.97
2				9.509	3.183	7.715	283.592		23.25	
3				9.410	3.152	7.585	291.627		24.06	
1	0.20%	13/06/2017	27/06/2017	9.390	3.108	7.376	320.599	309.08	27.30	25.47
2				9.489	3.403	7.676	297.897		23.62	
3				9.395	3.215	7.487	308.738		25.48	
1	CONVENCIONAL	13/06/2017	27/06/2017	8.482	3.140	7.482	187.196	214.49	13.37	16.42
2				8.536	2.993	7.510	185.098		13.66	
3				8.638	2.841	7.066	271.175		22.25	

Fuente: Autor

TABLA N° 30. Absorción del bloque celular y bloque convencional adicionado polvo de aluminio a los 28 días de edad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 										
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.										
ENSAYO DE ABSORCIÓN A LOS 28 DÍAS DE EDAD										
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI					ADICIÓN:	POLVO DE ALUMINIO			
REALIZADO POR:	Egdo. Angel Sarango					NORMA	NTE INEN 639			
BLOQUE N°	% DE POLVO DE ALUMINIO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO SATURADO (Ms) [Kg]	PESO SUMERGIDO (Mi) [Kg]	PESO SECO (Md) [Kg]	ABSORCIÓN [Kg/m ³]	ABSORCIÓN [Kg/m ³]	ABSORCIÓN [%]	ABSORCIÓN [%]
1	0.10%	13/06/2017	11/07/2017	9.740	3.498	8.088	264.66	285.23	20.43	22.17
2				9.581	3.474	7.869	280.334		21.76	
3				9.961	3.688	8.012	310.697		24.33	
1	0.15%	13/06/2017	11/07/2017	8.809	2.916	7.207	271.848	283.60	22.23	23.16
2				9.222	3.073	7.451	288.014		23.77	
3				9.243	3.204	7.486	290.942		23.47	
1	0.20%	13/06/2017	11/07/2017	9.130	3.086	7.461	276.142	300.36	22.37	24.59
2				9.417	3.240	7.587	296.260		24.12	
3				9.122	3.174	7.167	328.682		27.28	
1	CONVENCIONAL	13/06/2017	11/07/2017	8.487	2.995	7.319	212.673	239.36	15.96	19.71
2				8.627	2.872	7.122	261.512		21.13	
3				8.835	2.291	7.239	243.888		22.05	

Fuente: Autor

TABLA N° 31. Absorción del bloque celular y bloque convencional adicionado peróxido de hidrógeno a los 28 días de edad

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.										
ENSAYO DE ABSORCIÓN A LOS 28 DÍAS DE EDAD										
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI					ADICIÓN:	PERÓXIDO DE HIDRÓGENO			
REALIZADO POR:	Egdo. Angel Sarango					NORMA	NTE INEN 639			
BLOQUE N°	% DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO SATURADO (Ms) [Kg]	PESO SUMERGIDO (Mi) [Kg]	PESO SECO (Md) [Kg]	ABSORSIÓN [Kg/m ³]	ABSORSIÓN [Kg/m ³]	ABSORSIÓN [%]	ABSORSIÓN [%]
1	0.10%	13/06/2017	11/07/2017	8.933	3.002	7.342	268.25	269.37	21.67	21.38
2				9.199	3.188	7.544	275.329		21.94	
3				9.303	3.315	7.719	264.529		20.52	
1	0.15%	13/06/2017	11/07/2017	9.299	3.042	7.593	272.655	260.39	22.47	20.74
2				9.286	3.215	7.645	270.301		21.47	
3				8.953	3.139	7.568	238.218		18.30	
1	0.20%	13/06/2017	11/07/2017	8.873	3.052	7.312	268.167	269.46	21.35	21.34
2				9.067	3.167	7.509	264.068		20.75	
3				8.988	3.136	7.372	276.145		21.92	
1	CONVENCIONAL	13/06/2017	11/07/2017	8.487	2.995	7.319	212.673	239.36	15.96	19.71
2				8.627	2.872	7.122	261.512		21.13	
3				8.835	2.291	7.239	243.888		22.05	

Fuente: Autor

TABLA N° 32. Contenido de humedad del bloque celular y bloque convencional adicionado polvo de aluminio a los 7 días de edad

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.								
CONTENIDO DE HUMEDAD A LOS 7 DÍAS DE EDAD								
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI					ADICIÓN:	POLVO DE ALUMINIO	
REALIZADO POR	Egdo. Angel Sarango					NORMA	NTE INEN 639	
BLOQUE N°	% DE POLVO DE ALUMINIO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO RECIBIDO (Mr) [Kg]	PESO SATURADO (Ms) [Kg]	PESO SECO (Md) [Kg]	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]
1	0.10%	13/06/2017	20/06/2017	7.595	9.315	7.295	14.85	21.92
2				7.695	9.125	7.321	20.73	
3				7.639	9.001	7.050	30.19	
1	0.15%	13/06/2017	20/06/2017	7.391	8.904	6.992	20.87	23.67
2				7.582	9.106	7.131	22.84	
3				7.595	9.033	7.055	27.30	
1	0.20%	13/06/2017	20/06/2017	7.795	9.262	7.128	31.26	24.05
2				7.801	9.587	7.477	15.36	
3				7.783	9.320	7.256	25.53	
1	CONVENCIONAL	13/06/2017	20/06/2017	6.981	7.508	6.850	19.91	19.18
2				6.803	7.647	6.600	19.39	
3				7.195	7.823	7.055	18.23	

Fuente: Autor

TABLA N° 33. Contenido de humedad del bloque celular y bloque convencional adicionado peróxido de hidrógeno a los 7 días de edad

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.								
CONTENIDO DE HUMEDAD A LOS 7 DÍAS DE EDAD								
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI					ADICIÓN:	PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	
REALIZADO POR	Egdo. Angel Sarango					NORMA	NTE INEN 639	
BLOQUE N°	% DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO RECIBIDO (Mr) [Kg]	PESO SATURADO (Ms) [Kg]	PESO SECO (Md) [Kg]	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]
1	0.10%	13/06/2017	20/06/2017	7.883	9.118	7.534	22.03	22.93
2				7.909	9.773	7.308	24.38	
3				7.890	9.523	7.419	22.39	
1	0.15%	13/06/2017	20/06/2017	7.484	8.574	7.205	20.38	24.84
2				7.590	9.261	7.066	23.87	
3				7.682	9.379	6.945	30.28	
1	0.20%	13/06/2017	20/06/2017	7.825	9.185	7.118	34.20	25.88
2				7.795	9.876	7.230	21.35	
3				7.853	9.369	7.423	22.10	
1	CONVENCIONAL	13/06/2017	20/06/2017	6.981	7.508	6.850	19.91	19.18
2				6.803	7.647	6.600	19.39	
3				7.195	7.823	7.055	18.23	

Fuente: Autor

TABLA N° 34. Contenido de humedad del bloque celular y bloque convencional adicionado polvo de aluminio a los 14 días de edad

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.								
CONTENIDO DE HUMEDAD A LOS 14 DÍAS DE EDAD								
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI					ADICIÓN:	POLVO DE ALUMINIO	
REALIZADO POR	Egdo. Angel Sarango					NORMA	NTE INEN 639	
BLOQUE N°	% DE POLVO DE ALUMINIO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO RECIBIDO (Mr) [Kg]	PESO SATURADO (Ms) [Kg]	PESO SECO (Md) [Kg]	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]
1	0.10%	13/06/2017	27/06/2017	8.239	9.302	7.495	41.17	28.57
2				8.234	9.901	7.868	18.00	
3				8.255	9.734	7.721	26.53	
1	0.15%	13/06/2017	27/06/2017	7.843	8.878	7.075	42.60	34.15
2				7.832	9.297	7.202	30.07	
3				7.725	9.145	7.123	29.77	
1	0.20%	13/06/2017	27/06/2017	8.150	9.334	7.234	43.62	34.57
2				8.143	9.749	7.576	26.09	
3				8.123	9.591	7.367	33.99	
1	CONVENCIONAL	13/06/2017	27/06/2017	7.587	8.482	7.482	10.50	20.78
2				7.666	8.536	7.510	15.20	
3				7.642	8.638	7.066	36.64	

Fuente: Autor

TABLA N° 35. Contenido de humedad del bloque celular y bloque convencional adicionado peróxido de hidrógeno a los 14 días de edad

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.								
CONTENIDO DE HUMEDAD A LOS 14 DÍAS DE EDAD								
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI					ADICIÓN:	PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	
REALIZADO POR	Egdo. Angel Sarango					NORMA	NTE INEN 639	
BLOQUE N°	% DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO RECIBIDO (Mr) [Kg]	PESO SATURADO (Ms) [Kg]	PESO SECO (Md) [Kg]	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]
1	0.10%	13/06/2017	27/06/2017	8.167	9.407	7.740	25.61	32.86
2				8.041	9.280	7.553	28.26	
3				8.225	9.300	7.356	44.70	
1	0.15%	13/06/2017	27/06/2017	8.210	9.083	7.290	51.31	37.35
2				8.195	9.509	7.715	26.76	
3				8.205	9.410	7.585	33.97	
1	0.20%	13/06/2017	27/06/2017	8.305	9.390	7.376	46.13	40.70
2				8.297	9.489	7.676	34.25	
3				8.283	9.395	7.487	41.72	
1	CONVENCIONAL	13/06/2017	27/06/2017	7.587	8.482	7.482	10.50	20.78
2				7.666	8.536	7.510	15.20	
3				7.642	8.638	7.066	36.64	

Fuente: Autor

TABLA N° 36. Contenido de humedad del bloque celular y bloque convencional adicionado polvo de aluminio a los 28 días de edad

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.								
CONTENIDO DE HUMEDAD A LOS 28 DÍAS DE EDAD								
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI					ADICIÓN:	POLVO DE ALUMINIO	
REALIZADO POR	Egdo. Angel Sarango					NORMA	NTE INEN 639	
BLOQUE N°	% DE POLVO DE ALUMINIO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO RECIBIDO (Mr) [Kg]	PESO SATURADO (Ms) [Kg]	PESO SECO (Md) [Kg]	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]
1	0.10%	13/06/2017	11/07/2017	8.093	9.740	8.088	0.30	4.03
2				7.955	9.581	7.869	5.02	
3				8.144	9.961	8.012	6.77	
1	0.15%	13/06/2017	11/07/2017	7.355	8.809	7.207	9.24	6.15
2				7.576	9.222	7.451	7.06	
3				7.524	9.243	7.486	2.16	
1	0.20%	13/06/2017	11/07/2017	7.537	9.130	7.461	4.55	10.04
2				7.719	9.417	7.587	7.21	
3				7.526	9.122	7.167	18.36	
1	CONVENCIONAL	13/06/2017	11/07/2017	7.385	8.487	7.319	5.65	7.90
2				7.275	8.627	7.122	10.17	
3				7.365	8.835	7.239	7.89	

Fuente: Autor

TABLA N° 37. Contenido de humedad del bloque celular y bloque convencional adicionado peróxido de hidrógeno a los 28 días de edad

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.								
CONTENIDO DE HUMEDAD A LOS 28 DÍAS DE EDAD								
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI					ADICIÓN:	PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	
REALIZADO POR	Egdo. Angel Sarango					NORMA	NTE INEN 639	
BLOQUE N°	% DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO RECIBIDO (Mr) [Kg]	PESO SATURADO (Ms) [Kg]	PESO SECO (Md) [Kg]	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]	CONTENIDO DE HUMEDAD [%]
1	0.10%	13/06/2017	11/07/2017	7.544	8.933	7.342	12.70	15.82
2				7.720	9.199	7.544	10.63	
3				8.101	9.303	7.719	24.12	
1	0.15%	13/06/2017	11/07/2017	7.827	9.299	7.593	13.72	10.87
2				7.872	9.286	7.645	13.83	
3				7.638	8.953	7.568	5.05	
1	0.20%	13/06/2017	11/07/2017	7.519	8.873	7.312	13.26	7.93
2				7.651	9.067	7.509	9.11	
3				7.395	8.988	7.372	1.42	
1	CONVENCIONAL	13/06/2017	11/07/2017	7.385	8.487	7.319	5.65	7.90
2				7.275	8.627	7.122	10.17	
3				7.365	8.835	7.239	7.89	

Fuente: Autor

TABLA N° 38. Densidad del bloque celular y bloque convencional adicionado polvo de aluminio a los 7 días de edad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 								
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.								
ENSAYO DE DENSIDAD A LOS 7 DÍAS DE EDAD								
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI					ADICIÓN:	POLVO DE ALUMINIO	
REALIZADO POR:	Egdo. Angel Sarango					NORMA	NTE INEN 639	
BLOQUE N°	% DE POLVO DE ALUMINIO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO SATURADO (Ms) [Kg]	PESO SUMERGIDO (Mi) [Kg]	PESO SECO (Md) [Kg]	DENSIDAD [Kg/m³]	DENSIDAD [Kg/m³]
1	0.10%	13/06/2017	20/06/2017	9.315	3.185	7.295	1190.05	1226.54
2				9.125	3.048	7.321	1204.71	
3				9.001	3.514	7.050	1284.86	
1	0.15%	13/06/2017	20/06/2017	8.904	2.963	6.992	1176.91	1182.65
2				9.106	3.028	7.131	1173.25	
3				9.033	3.143	7.055	1197.79	
1	0.20%	13/06/2017	20/06/2017	9.262	3.112	7.128	1159.02	1180.39
2				9.587	3.330	7.477	1194.98	
3				9.320	3.208	7.256	1187.17	
1	CONVENCIONAL	13/06/2017	20/06/2017	7.508	2.545	6.850	1380.21	1318.41
2				7.647	2.327	6.600	1240.60	
3				7.823	2.536	7.055	1334.41	

Fuente: Autor

TABLA N° 39. Densidad del bloque celular y bloque convencional adicionado peróxido de hidrógeno a los 7 días de edad

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.									
ENSAYO DE DENSIDAD A LOS 7 DÍAS DE EDAD									
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI					ADICIÓN:	PERÓXIDO DE HIDRÓGENO		
REALIZADO POR:	Egdo. Angel Sarango					NORMA	NTE INEN 639		
BLOQUE N°	% DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO SATURADO (Ms) [Kg]	PESO SUMERGIDO (Mi) [Kg]	PESO SECO (Md) [Kg]	DENSIDAD [Kg/m ³]	DENSIDAD [Kg/m ³]	
1	0.10%	13/06/2017	20/06/2017	9.118	3.246	7.534	1283.04	1244.12	
2				9.773	3.689	7.308	1201.18		
3				9.523	3.579	7.419	1248.15		
1	0.15%	13/06/2017	20/06/2017	8.574	2.901	7.205	1270.05	1177.38	
2				9.261	3.288	7.066	1182.99		
3				9.379	2.943	6.945	1079.09		
1	0.20%	13/06/2017	20/06/2017	9.185	3.098	7.118	1169.38	1158.28	
2				9.876	3.410	7.230	1118.16		
3				9.369	3.117	7.423	1187.30		
1	CONVENCIONAL	13/06/2017	20/06/2017	7.508	2.545	6.850	1380.21	1318.41	
2				7.647	2.327	6.600	1240.60		
3				7.823	2.536	7.055	1334.41		

Fuente: Autor

TABLA N° 40. Densidad del bloque celular y bloque convencional adicionado polvo de aluminio a los 14 días de edad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.									
ENSAYO DE DENSIDAD A LOS 14 DÍAS DE EDAD									
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI					ADICIÓN:	POLVO DE ALUMINIO		
REALIZADO POR:	Egdo. Angel Sarango					NORMA	NTE INEN 639		
BLOQUE N°	% DE POLVO DE ALUMINIO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO SATURADO (Ms) [Kg]	PESO SUMERGIDO (Mi) [Kg]	PESO SECO (Md) [Kg]	DENSIDAD [Kg/m ³]	DENSIDAD [Kg/m ³]	
1	0.10%	13/06/2017	27/06/2017	9.302	3.372	7.495	1263.91	1267.17	
2				9.901	3.780	7.868	1285.41		
3				9.734	3.568	7.721	1252.19		
1	0.15%	13/06/2017	27/06/2017	8.878	2.941	7.075	1191.68	1177.79	
2				9.297	3.197	7.202	1180.66		
3				9.145	3.010	7.123	1161.04		
1	0.20%	13/06/2017	27/06/2017	9.334	3.071	7.234	1155.04	1170.80	
2				9.749	3.418	7.576	1196.65		
3				9.591	3.244	7.367	1160.71		
1	CONVENCIONAL	13/06/2017	27/06/2017	8.482	3.140	7.482	1400.60	1324.79	
2				8.536	2.993	7.510	1354.86		
3				8.638	2.841	7.066	1218.91		

Fuente: Autor

TABLA N° 41. Densidad del bloque celular y bloque convencional adicionado peróxido de hidrógeno a los 14 días de edad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.									
ENSAYO DE DENSIDAD A LOS 14 DÍAS DE EDAD									
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI						ADICIÓN:	PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	
REALIZADO POR:	Egdo. Angel Sarango						NORMA	NTE INEN 639	
BLOQUE N°	% DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO SATURADO (Ms) [Kg]	PESO SUMERGIDO (Mi) [Kg]	PESO SECO (Md) [Kg]	DENSIDAD [Kg/m ³]	DENSIDAD [Kg/m ³]	
1	0.10%	13/06/2017	27/06/2017	9.407	3.161	7.740	1239.19	1230.25	
2				9.280	3.287	7.553	1260.30		
3				9.300	3.125	7.356	1191.26		
1	0.15%	13/06/2017	27/06/2017	9.083	3.123	7.290	1223.15	1218.26	
2				9.509	3.183	7.715	1219.57		
3				9.410	3.152	7.585	1212.05		
1	0.20%	13/06/2017	27/06/2017	9.390	3.108	7.376	1174.15	1215.63	
2				9.489	3.403	7.676	1261.26		
3				9.395	3.215	7.487	1211.49		
1	CONVENCIONAL	13/06/2017	27/06/2017	8.482	3.140	7.482	1400.60	1324.79	
2				8.536	2.993	7.510	1354.86		
3				8.638	2.841	7.066	1218.91		

Fuente: Autor

TABLA N° 42. Densidad del bloque celular y bloque convencional adicionado polvo de aluminio a los 28 días de edad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.									
ENSAYO DE DENSIDAD A LOS 28 DÍAS DE EDAD									
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI						ADICIÓN:	POLVO DE ALUMINIO	
REALIZADO POR:	Egdo. Angel Sarango						NORMA	NTE INEN 639	
BLOQUE N°	% DE POLVO DE ALUMINIO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO SATURADO (Ms) [Kg]	PESO SUMERGIDO (Mi) [Kg]	PESO SECO (Md) [Kg]	DENSIDAD [Kg/m ³]	DENSIDAD [Kg/m ³]	
1	0.10%	13/06/2017	11/07/2017	9.740	3.498	8.088	1295.74	1287.16	
2				9.581	3.474	7.869	1288.52		
3				9.961	3.688	8.012	1277.22		
1	0.15%	13/06/2017	11/07/2017	8.809	2.916	7.207	1222.98	1224.78	
2				9.222	3.073	7.451	1211.74		
3				9.243	3.204	7.486	1239.61		
1	0.20%	13/06/2017	11/07/2017	9.130	3.086	7.461	1234.45	1222.55	
2				9.417	3.240	7.587	1228.27		
3				9.122	3.174	7.167	1204.94		
1	CONVENCIONAL	13/06/2017	11/07/2017	8.487	2.995	7.319	1332.67	1225.47	
2				8.627	2.872	7.122	1237.53		
3				8.835	2.291	7.239	1106.20		

Fuente: Autor

TABLA N° 43. Densidad del bloque celular y bloque convencional adicionado peróxido de hidrógeno a los 28 días de edad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 									
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.									
ENSAYO DE DENSIDAD A LOS 28 DÍAS DE EDAD									
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI					ADICIÓN:	PERÓXIDO DE HIDRÓGENO		
REALIZADO POR:	Egdo. Angel Sarango					NORMA	NTE INEN 639		
BLOQUE N°	% DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	PESO SATURADO (Ms) [Kg]	PESO SUMERGIDO (Mi) [Kg]	PESO SECO (Md) [Kg]	DENSIDAD [Kg/m³]	DENSIDAD [Kg/m³]	
1	0.10%	13/06/2017	11/07/2017	8.933	3.002	7.342	1237.90	1260.67	
2				9.199	3.188	7.544	1255.03		
3				9.303	3.315	7.719	1289.08		
1	0.15%	13/06/2017	11/07/2017	9.299	3.042	7.593	1213.52	1258.16	
2				9.286	3.215	7.645	1259.27		
3				8.953	3.139	7.568	1301.69		
1	0.20%	13/06/2017	11/07/2017	8.873	3.052	7.312	1256.14	1262.86	
2				9.067	3.167	7.509	1272.71		
3				8.988	3.136	7.372	1259.74		
1	CONVENCIONAL	13/06/2017	11/07/2017	8.487	2.995	7.319	1332.67	1225.47	
2				8.627	2.872	7.122	1237.53		
3				8.835	2.291	7.239	1106.20		

Fuente: Autor

TABLA N° 44. Resumen de análisis de resultados con polvo de aluminio.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 							
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.							
RESUMEN DE ANÁLISIS DE RESULTADOS							
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI						
REALIZADO POR:	Egdo. Angel Sarango					NORMA	NTE INEN 639
BLOQUE N°	% DE POLVO DE ALUMINIO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD	DENSIDAD MEDIA [Kg/m ³]	DENSIDAD REAL [Kg/m ³]	ESFUERZO COMPRESIÓN [Mpa]
1	CONVENCIONAL	13/06/2017	20/06/2017	7	834.840	1318.407	0.87
2	CONVENCIONAL	13/06/2017	27/06/2017	14	855.710	1324.789	1.48
3	CONVENCIONAL	13/06/2017	11/07/2017	28	861.560	1225.467	1.80
1	0.10%	13/06/2017	20/06/2017	7	859.940	1226.537	1.03
2	0.15%	13/06/2017	20/06/2017	7	785.570	1182.649	1.35
3	0.20%	13/06/2017	20/06/2017	7	848.530	1180.393	1.50
1	0.10%	13/06/2017	27/06/2017	14	881.440	1267.171	1.18
2	0.15%	13/06/2017	27/06/2017	14	805.210	1177.793	1.60
3	0.20%	13/06/2017	27/06/2017	14	869.740	1170.798	1.81
1	0.10%	13/06/2017	11/07/2017	28	887.460	1287.160	1.34
2	0.15%	13/06/2017	11/07/2017	28	810.710	1224.776	1.83
3	0.20%	13/06/2017	11/07/2017	28	875.680	1222.552	2.14

Fuente: Autor

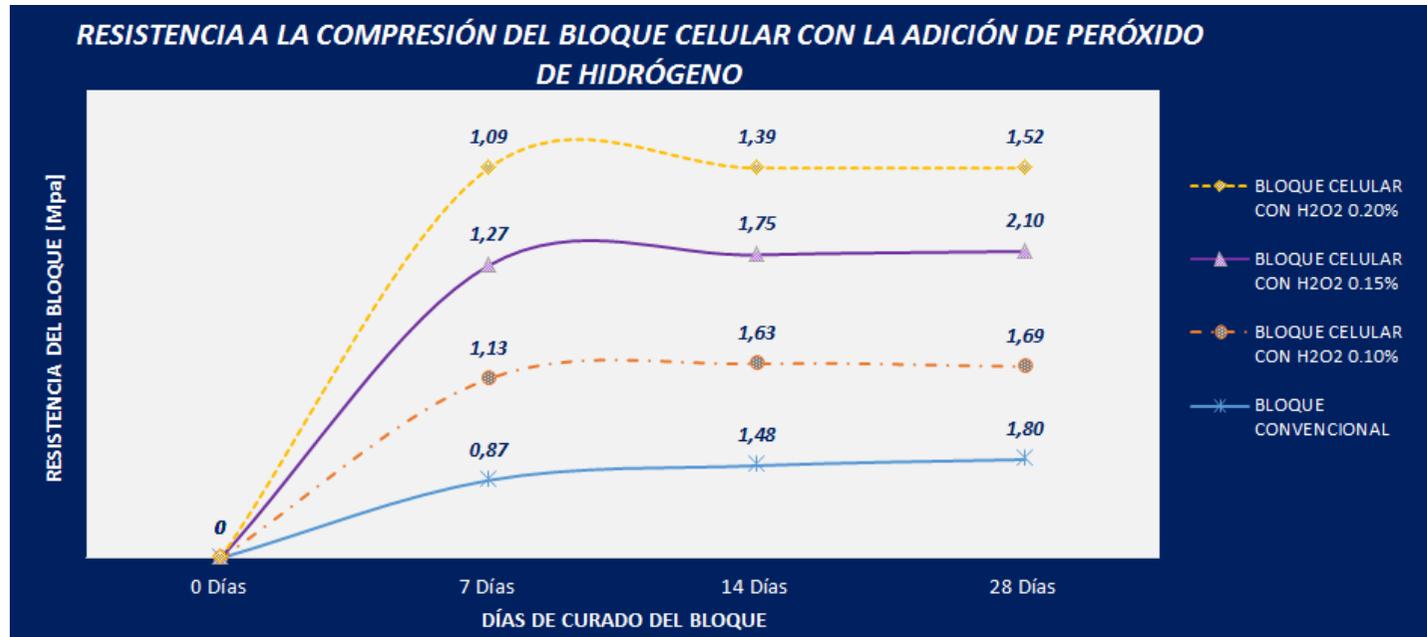
TABLA N° 45. Resumen de análisis de resultados con peróxido de hidrógeno.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 							
COMPARACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN BLOQUE CELULAR MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLVO DE ALUMINIO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO CON UN BLOQUE CONVENCIONAL.							
RESUMEN DE ANÁLISIS DE RESULTADOS							
ORIGEN:	Cantera EL CHASQUI						
REALIZADO POR:	Egdo. Angel Sarango					NORMA	NTE INEN 639
BLOQUE N°	% DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD	DENSIDAD MEDIA [Kg/m ³]	DENSIDAD REAL [Kg/m ³]	ESFUERZO COMPRESIÓN [Mpa]
1	CONVENCIONAL	13/06/2017	20/06/2017	7	834.840	1318.407	0.87
2	CONVENCIONAL	13/06/2017	27/06/2017	14	855.710	1324.789	1.48
3	CONVENCIONAL	13/06/2017	11/07/2017	28	861.560	1225.47	1.80
1	0.10%	13/06/2017	20/06/2017	7	859.940	1244.124	1.13
2	0.15%	13/06/2017	20/06/2017	7	785.570	1177.376	1.27
3	0.20%	13/06/2017	20/06/2017	7	848.530	1158.278	1.09
1	0.10%	13/06/2017	27/06/2017	14	881.440	1230.251	1.63
2	0.15%	13/06/2017	27/06/2017	14	805.210	1218.258	1.75
3	0.20%	13/06/2017	27/06/2017	14	869.740	1215.631	1.39
1	0.10%	13/06/2017	11/07/2017	28	887.460	1260.671	1.69
2	0.15%	13/06/2017	11/07/2017	28	810.710	1258.157	2.10
3	0.20%	13/06/2017	11/07/2017	28	875.680	1262.865	1.52

Fuente: Autor

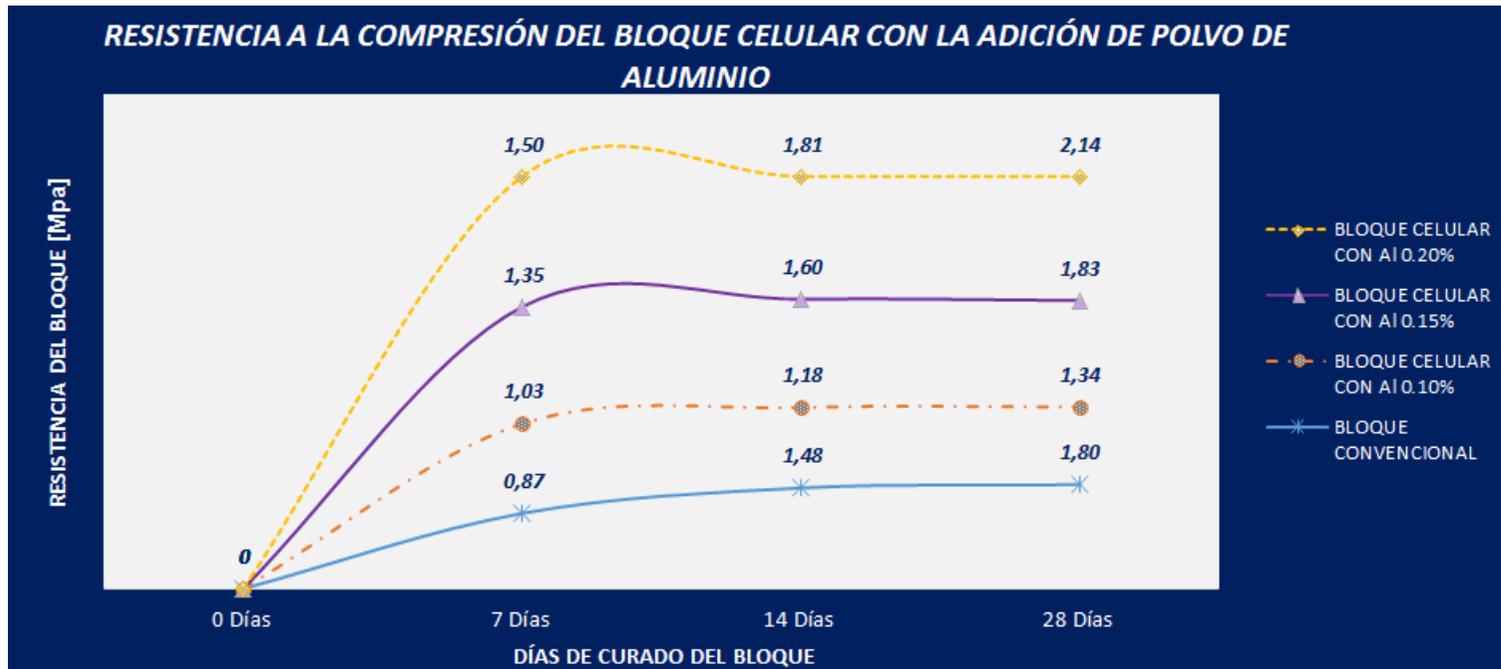
Para una mejor comprensión se realizaron gráficas de los resultados

Gráfico N° 1. Resistencia a la compresión del bloque celular adicionando peróxido de hidrógeno.



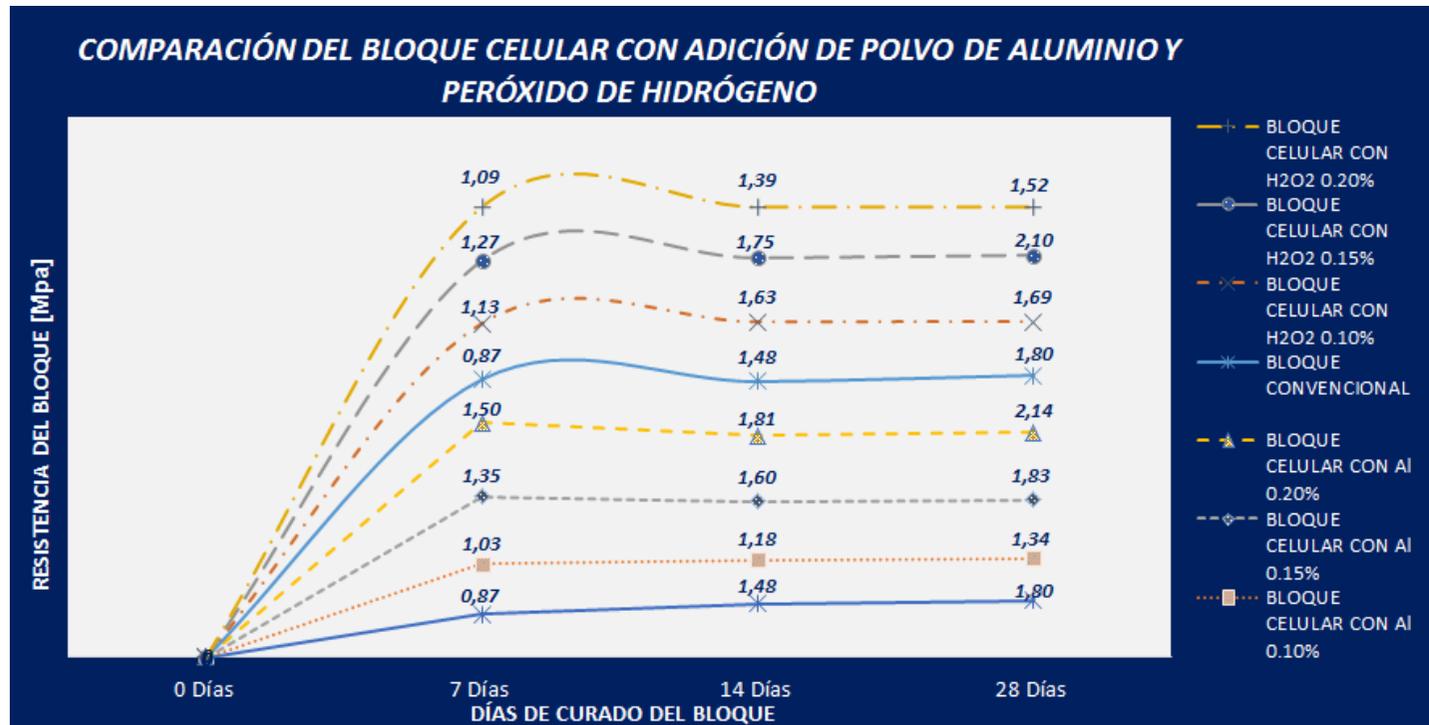
En la gráfica N° 1 de adición de peróxido de hidrógeno al 0.10%, 0.15% y 0.20% se visualiza que el porcentaje óptimo de peróxido de hidrogeno es del 0.15% por lo que a los 28 días de curado el material presenta una resistencia a la compresión de 2.10Mpa, logrando superar la resistencia del bloque convencional en un 14% más, el cual es de 1.80Mpa. También se pudo observar que al incrementar peróxido de hidrogeno al 0.20% su resistencia a la compresión va disminuyendo debido a que se presenta mayor cantidad de burbujas de aire en el bloque celular.

Gráfico N° 2. Resistencia a la compresión del bloque celular adicionando polvo de aluminio.



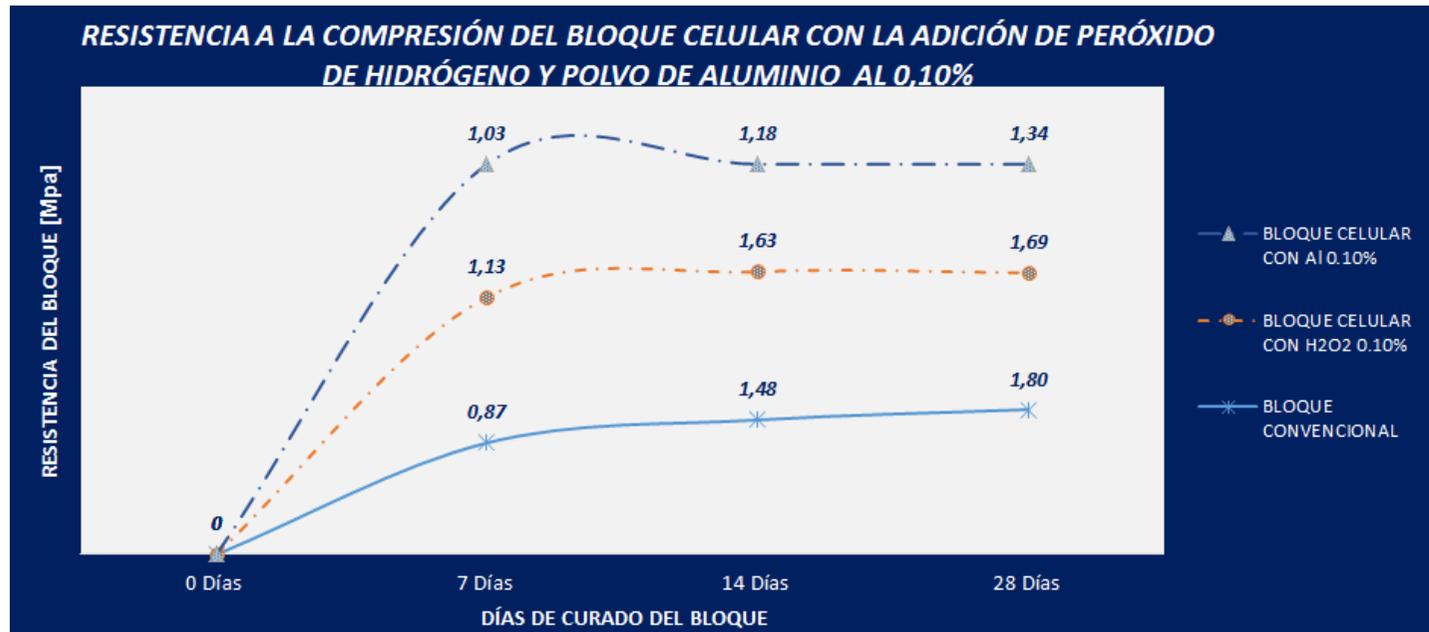
En la gráfica de adición de polvo de aluminio al 0.10%, 0.15% y 0.20% se visualiza que el porcentaje óptimo de polvo de aluminio es del 0.20% por lo que a los 28 días de curado el material presenta una resistencia a la compresión de 2.14Mpa, logrando superar la resistencia del bloque convencional en un 16% más, el cual es de 1.80Mpa.

Gráfico N° 3. Comparación de la resistencia a la compresión entre el bloque convencional y el bloque celular adicionando polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno



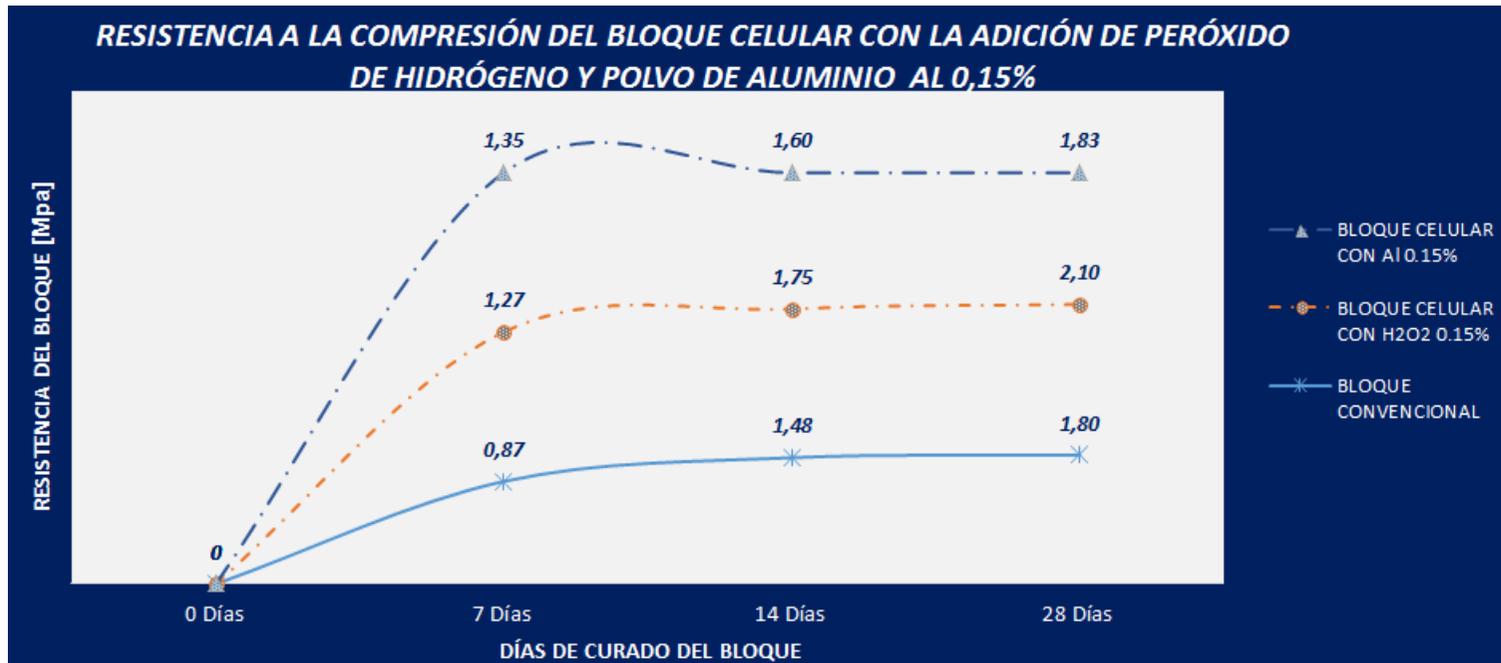
En la Grafica N° 3 se puede observar que el porcentaje óptimo de polvo de aluminio es del 0.20% obteniendo una resistencia a la compresión de 2.14Mpa, por otro lado, el peróxido de hidrógeno llego a su porcentaje óptimo de 0.15% obteniendo una resistencia a la compresión de 2.10Mpa, logrando así la resistencia descrita en la norma INEN.

Gráfico N° 4. Resistencia a la compresión del bloque celular con una adición del 0.10% de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno.



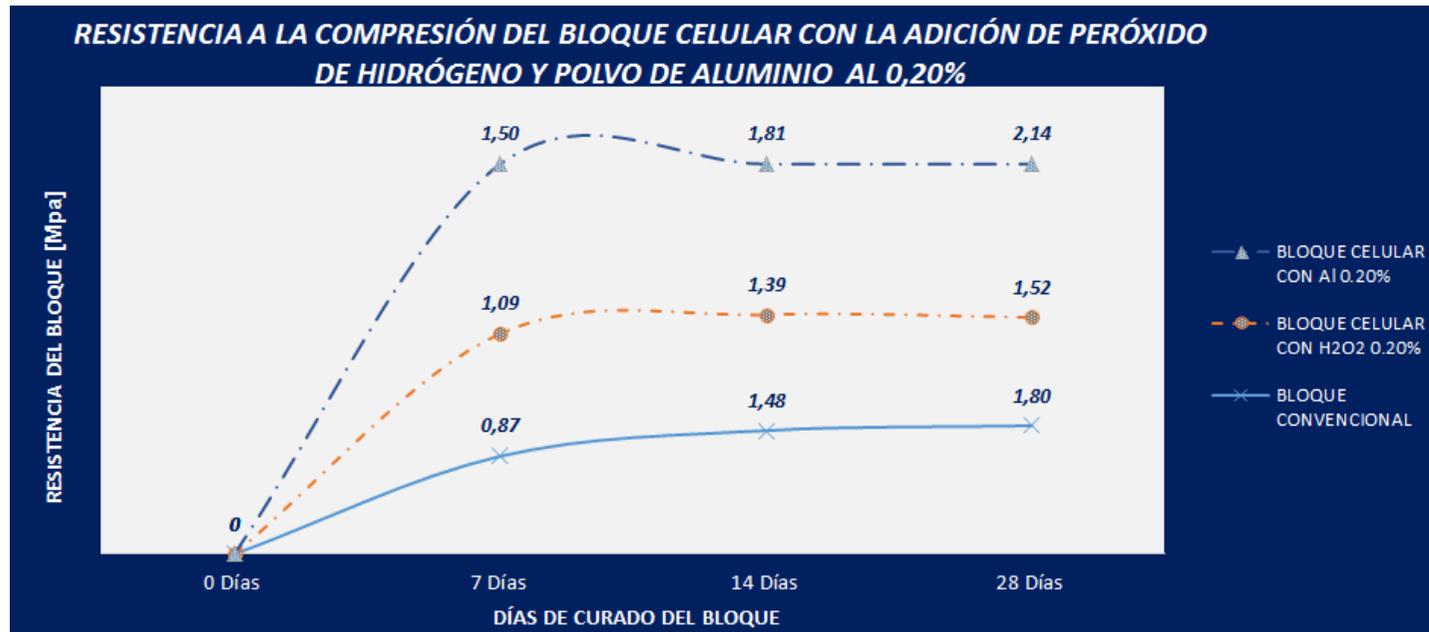
En la gráfica de adición de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno al 0.10% se visualiza que al culminar los 28 días de curado el material que presenta mejor resistencia a la compresión es el peróxido de hidrógeno el cual alcanzó 1.69Mpa, tampoco se logró superar la resistencia del bloque convencional el cual alcanzó 1.80Mpa.

Gráfico N° 5. Resistencia a la compresión del bloque celular con una adición del 0.15% de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno.



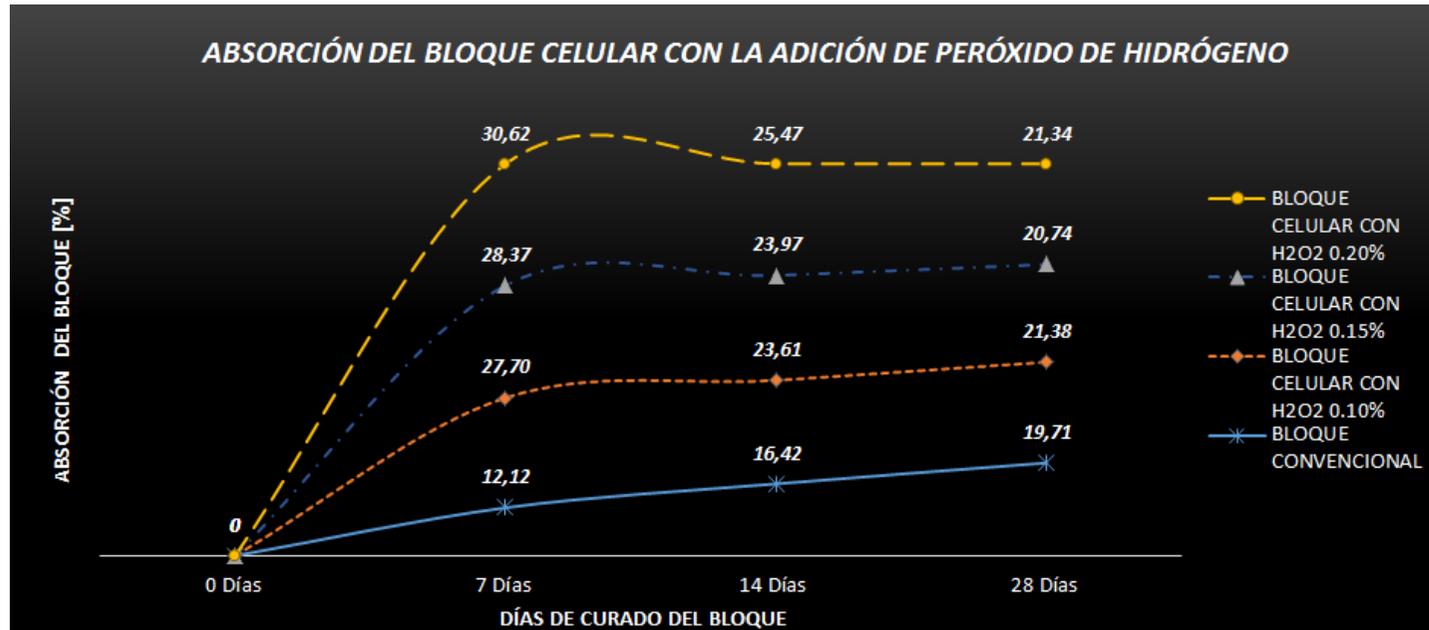
En la gráfica de adición de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno al 0.15% se visualiza que al culminar los 28 días de curado el material que presenta mejor resistencia a la compresión es el peróxido de hidrógeno el cual alcanzó 2.10Mpa, logrando superar la resistencia del bloque convencional el cual alcanzó 1.80Mpa.

Gráfico N° 6. Resistencia a la compresión del bloque celular con una adición del 0.20% de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno.



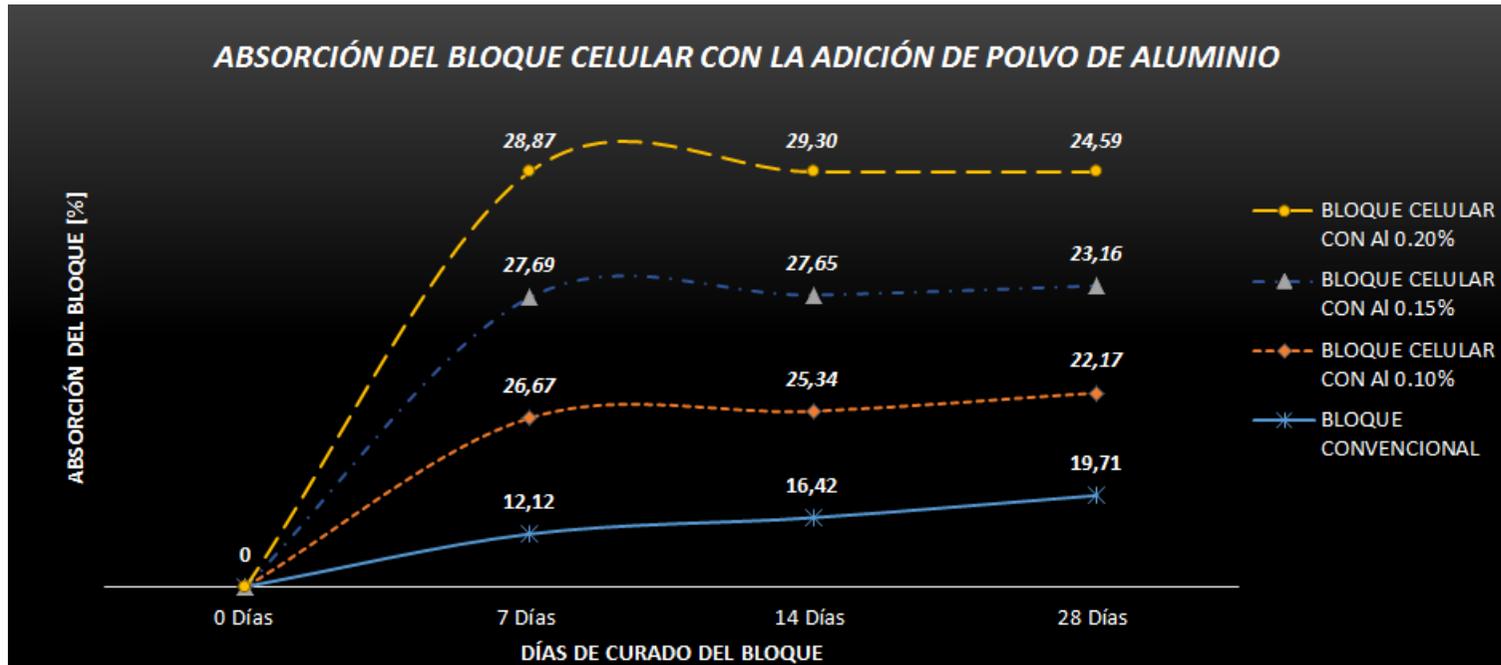
En la gráfica de adición de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno al 0.20% se visualiza que al culminar los 28 días de curado el material que presenta mejor resistencia a la compresión es el polvo de aluminio el cual alcanzó 2.14Mpa, logrando superar la resistencia del bloque convencional el cual alcanzó 1.80Mpa.

Gráfico N° 7. Absorción del bloque celular adicionando peróxido de hidrógeno (0.10, 0.15, 0.20%).



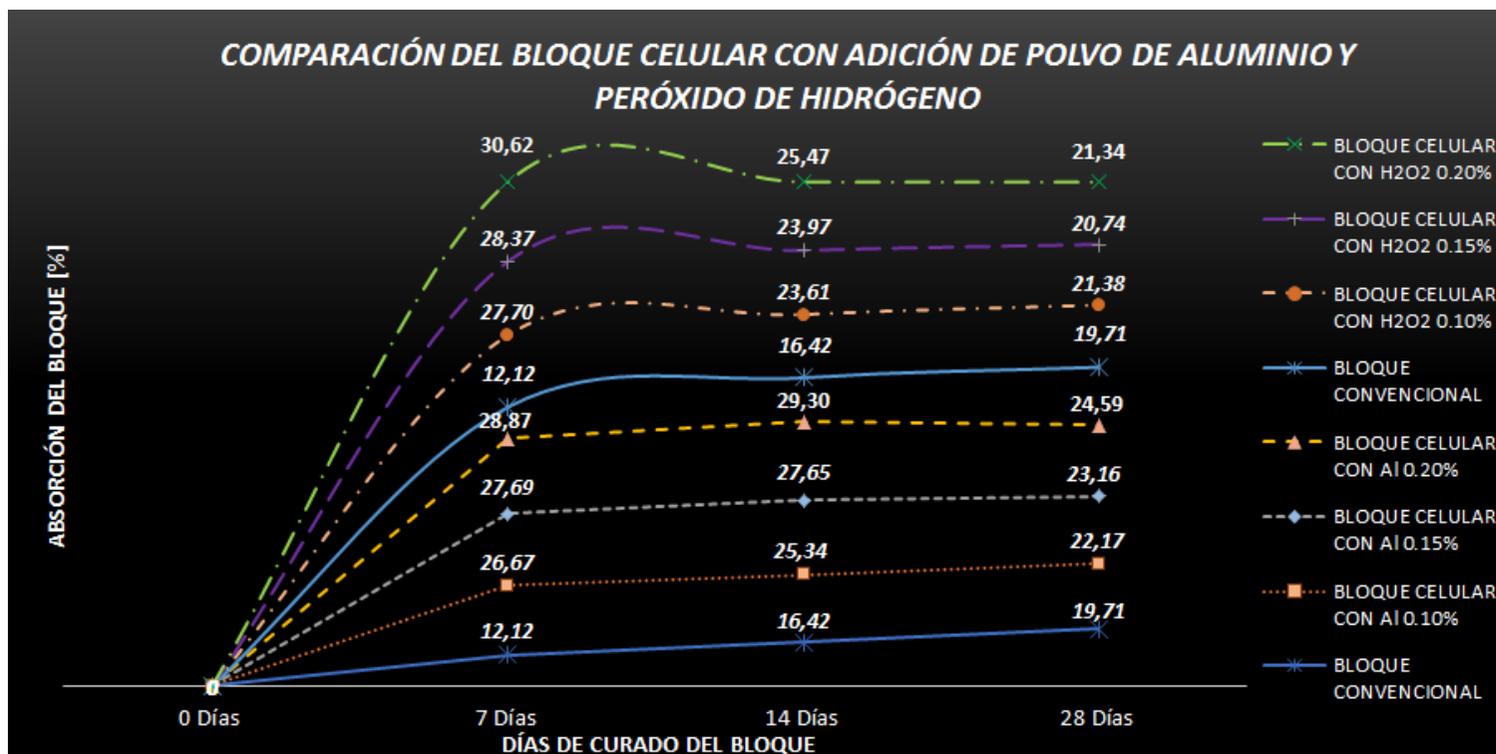
En la gráfica de adición de peróxido de hidrógeno al 0.10%, 0.15% y 0.20% se visualiza que el peróxido de hidrógeno al 0.20% tiene mayor capacidad de absorción a los 28 días de curado dando a notar que existe mayor cantidad de burbujas de aire en el bloque. También se logra identificar que existe un aumento de absorción del bloque celular en comparación del bloque convencional en un 8.27%.

Gráfico N° 8. Absorción del bloque celular adicionando polvo de aluminio (0.10, 0.15, 0.20%).



En la gráfica de adición de polvo de aluminio al 0.10%, 0.15% y 0.20% se visualiza que el polvo de aluminio al 0.20% tiene mayor capacidad de absorción a los 28 días de curado dando a notar que existe mayor cantidad de burbujas de aire en el bloque. También se logra identificar que existe un aumento de absorción del bloque celular en comparación del bloque convencional en un 24.76%.

Gráfico N° 9. Comparación de absorción entre bloque convencional y el bloque celular adicionando tanto polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno.



En la Grafica N° 9 podemos observar que en los días 7, 14 y 28 en los bloques elaborados con polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno su absorción aumenta en relación al porcentaje de material añadido, pero en el día 28 el bloque elaborado a base peróxido de hidrógeno al 0.15% disminuye para luego volver a subir, se debe a que existe mayor cantidad de burbujas de aire en el bloque con peróxido de hidrógeno al 0.20%.

Gráfico N° 10. Absorción del bloque celular con la adición de 0.10% de peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio.

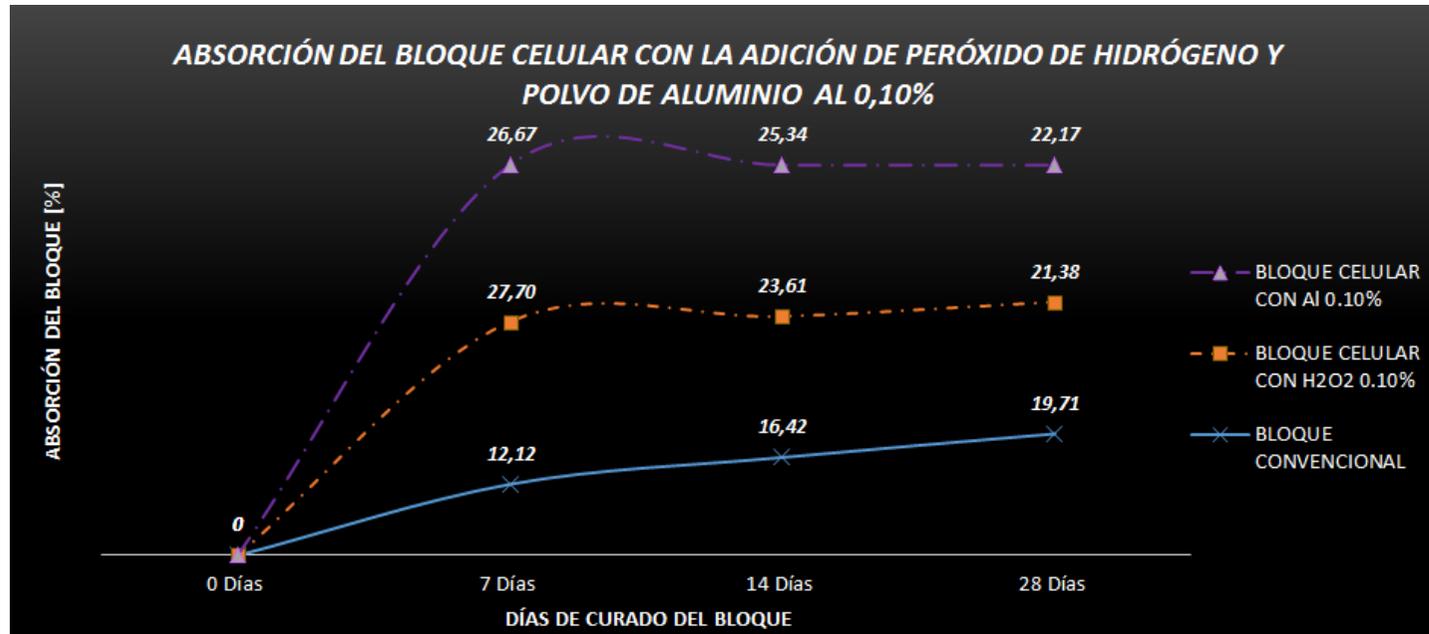


Gráfico N° 11. Absorción del bloque celular con la adición de 0.15% de peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio.

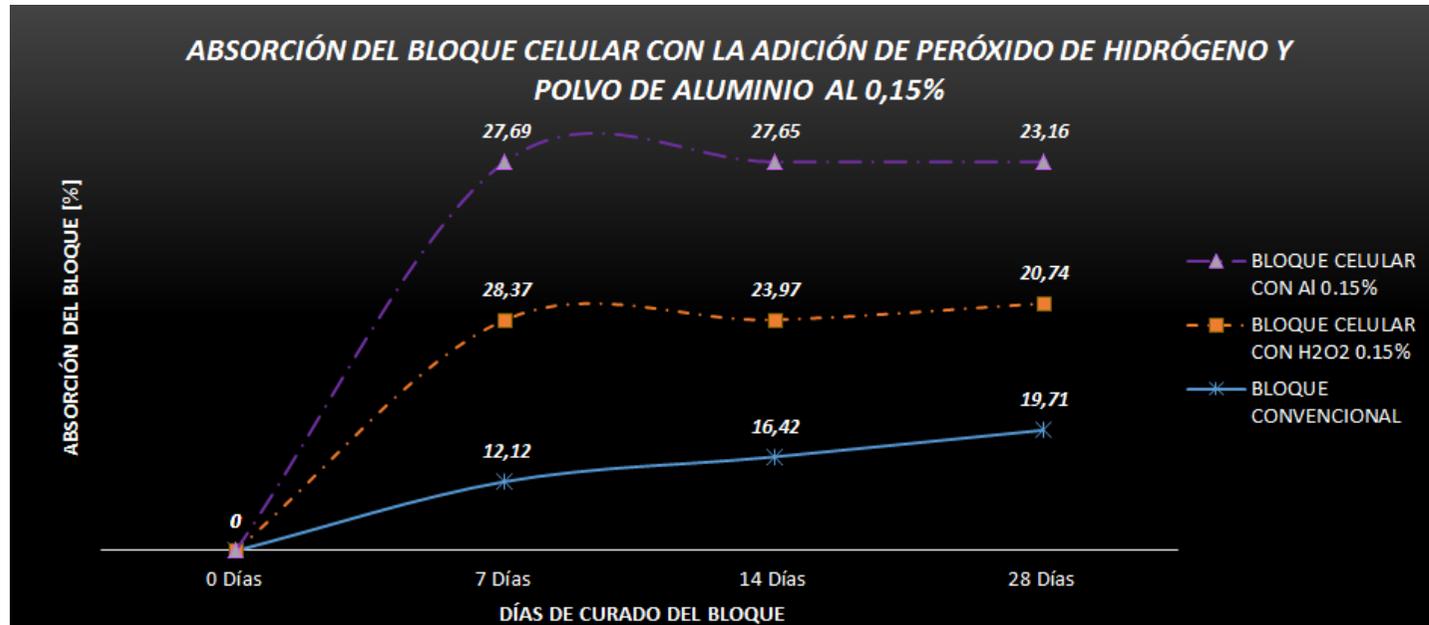
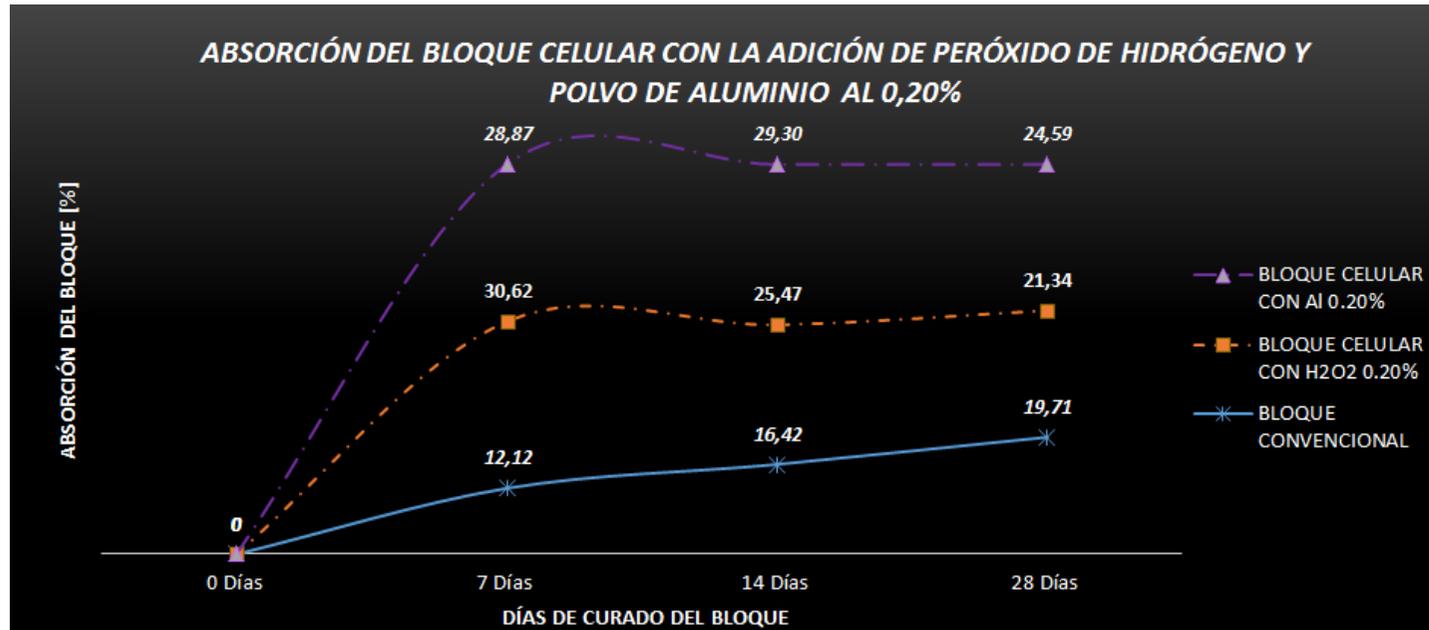
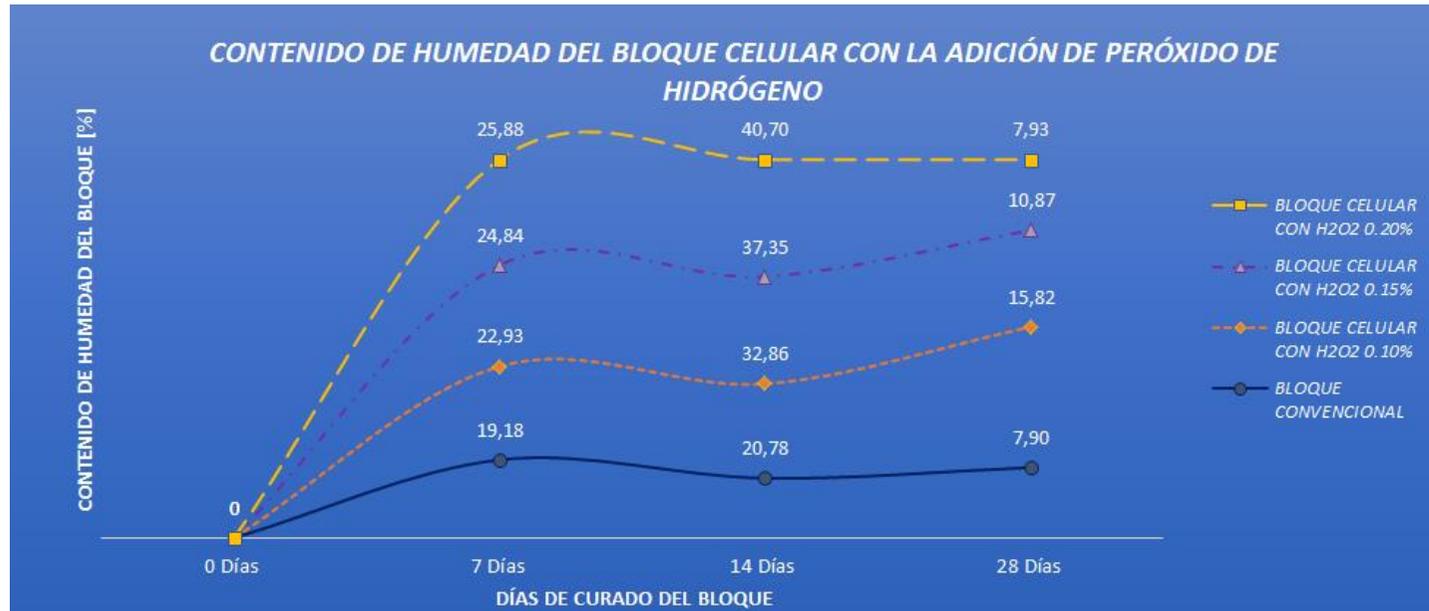


Gráfico N° 12. Absorción del bloque celular con la adición de 0.20% de peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio.



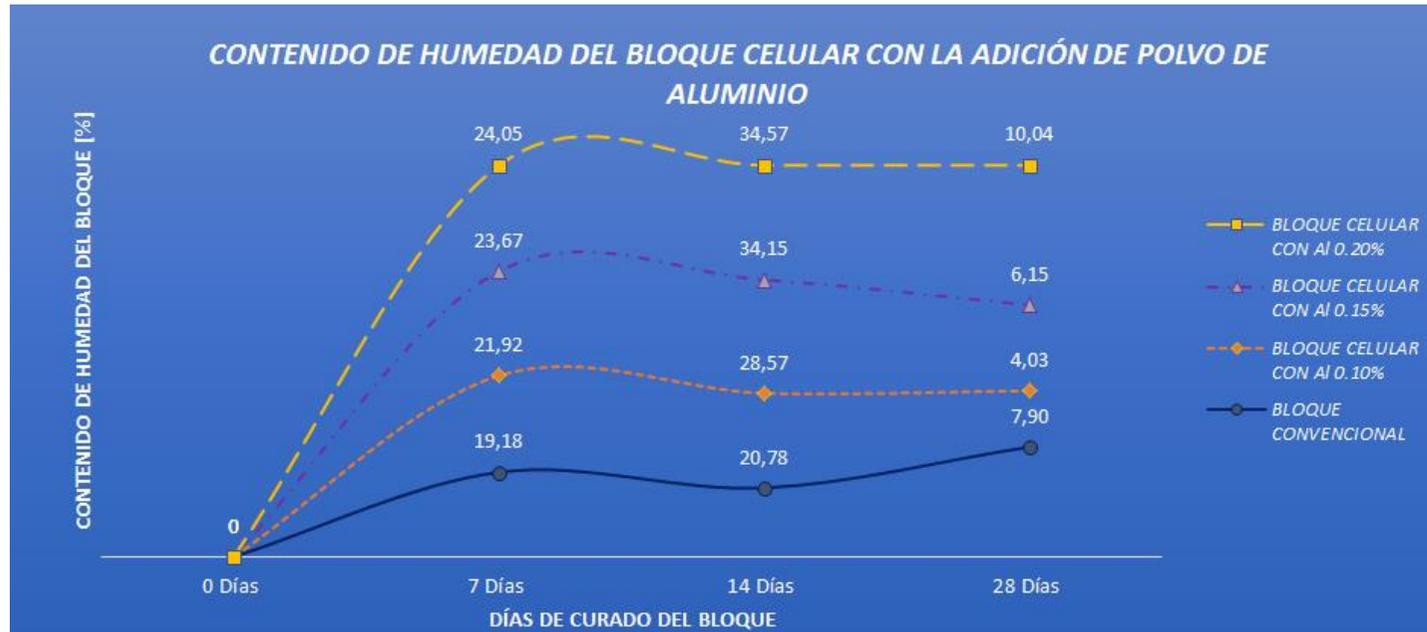
En las Gráficas N° 10-11-12 de adición de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno en el transcurso de los 28 días de curado el bloque que presenta mayor capacidad de absorción es aquel que se elaboró a base de polvo de aluminio lo cual indica que hubo mayor desprendimiento de gas generando más espacios de aire en el bloque.

Gráfico N° 13. Contenido de humedad del bloque celular adicionando peróxido de hidrógeno (0.10, 0.15, 0.20%)



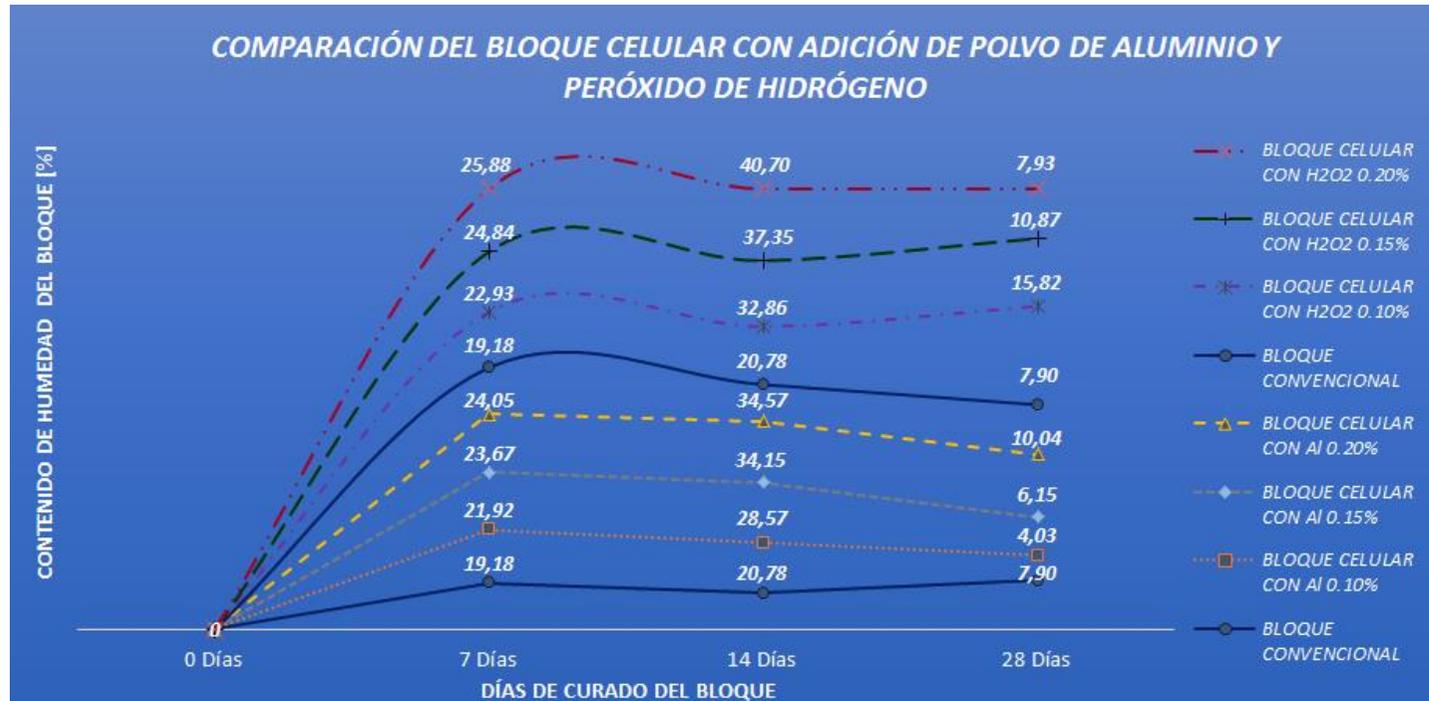
En la gráfica de adición de peróxido de hidrógeno al 0.10%, 0.15% y 0.20% se visualiza que el peróxido de hidrógeno al 0.10% tiene un mayor contenido de humedad a los 28 días de curado llegando al 15.82% dando a notar que existe mayor cantidad de agua en el bloque. También se logra identificar que existe mayor contenido de humedad en bloque celular en comparación con el bloque convencional en un 100%.

Gráfico N° 14. Contenido de humedad del bloque celular adicionando polvo de aluminio (0.10, 0.15, 0.20%)



En la gráfica de adición de polvo de aluminio al 0.10%, 0.15% y 0.20% se visualiza que el polvo de aluminio al 0.20% obtiene mayor contenido de humedad a los 28 días de curado logrando un 10.04%, lo cual indica que existe mayor cantidad de agua debido a los espacios que existe en el bloque celular. También se muestra que existe un aumento de contenido de humedad en un 27.09% en comparación al bloque convencional.

Gráfico N° 15. Comparación del contenido de humedad entre el bloque convencional y el bloque celular adicionando peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio



En la Grafica N° 15 al igual que la Grafica N° 9 se puede observar que en los días 7 y 14 tanto el polvo de aluminio como el peróxido de hidrógeno su contenido de humedad aumenta, pero al llegar al día 28 su contenido de humedad disminuye, esto resulta del endurecimiento de cemento consiguiendo así los espacios de aire efectivos en el bloque.

Gráfico N° 16. Contenido de humedad del bloque celular adicionando 0.10% de peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio

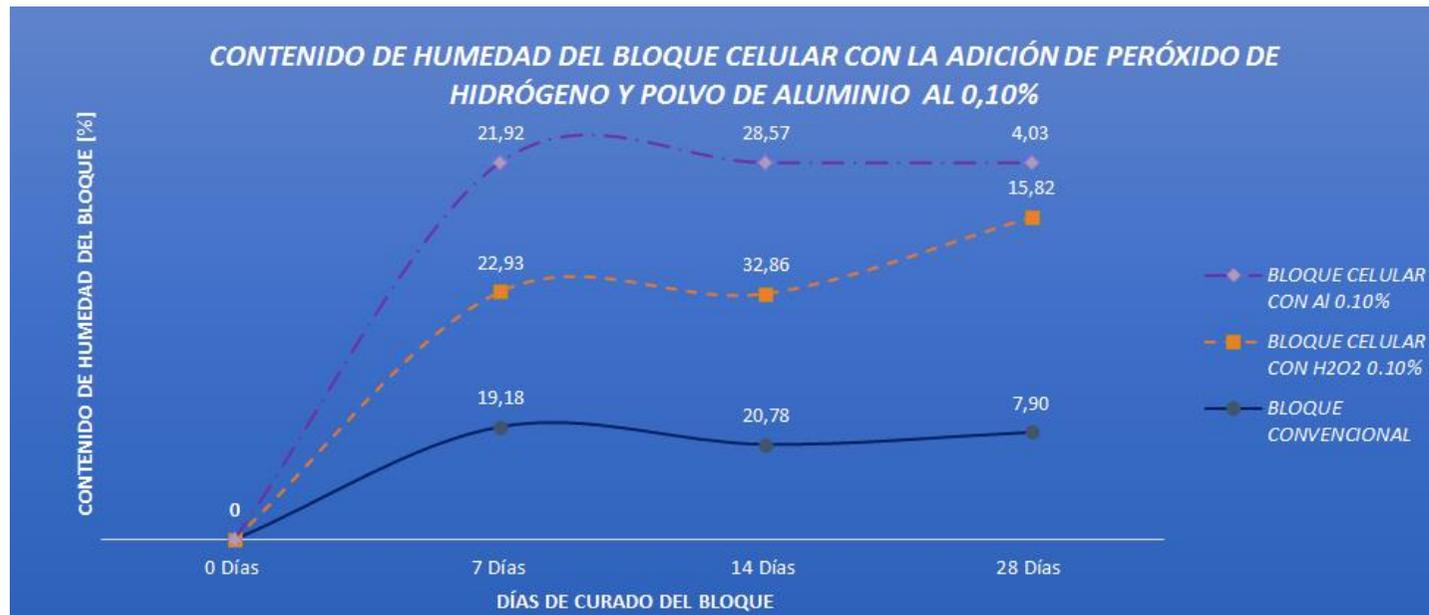
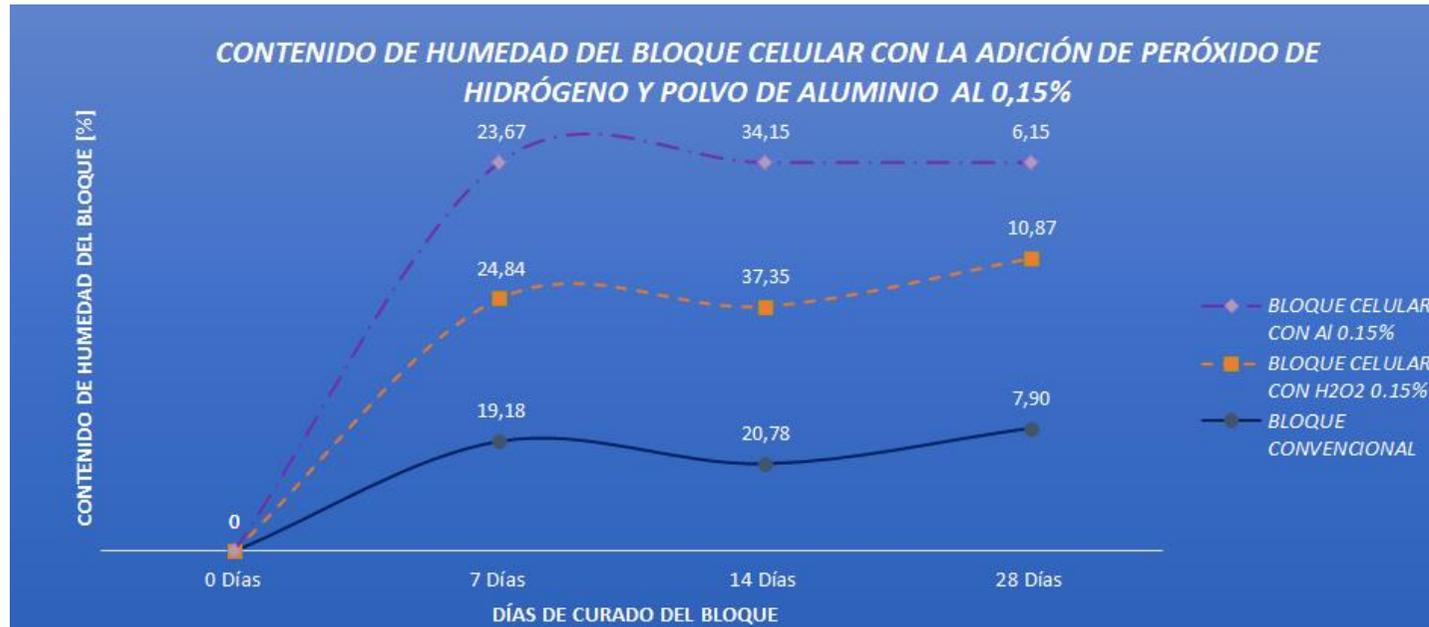
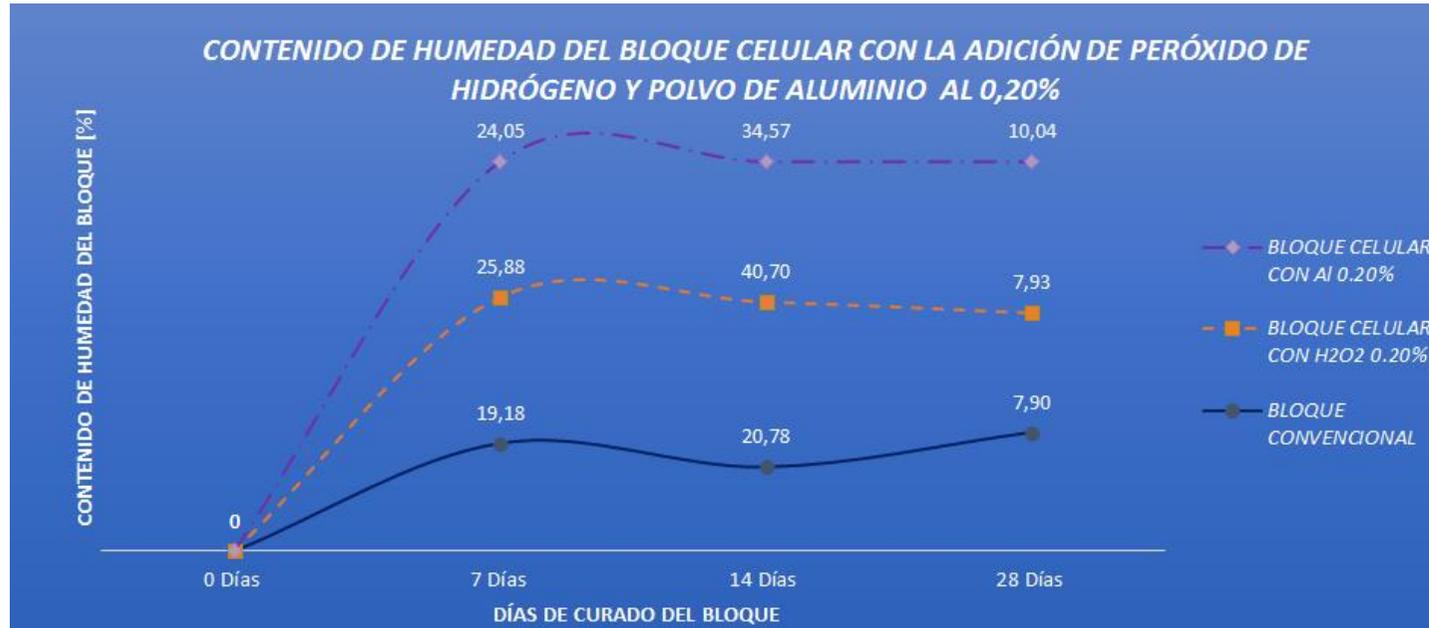


Gráfico N° 17. Contenido de humedad del bloque celular adicionando 0.15% de peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio



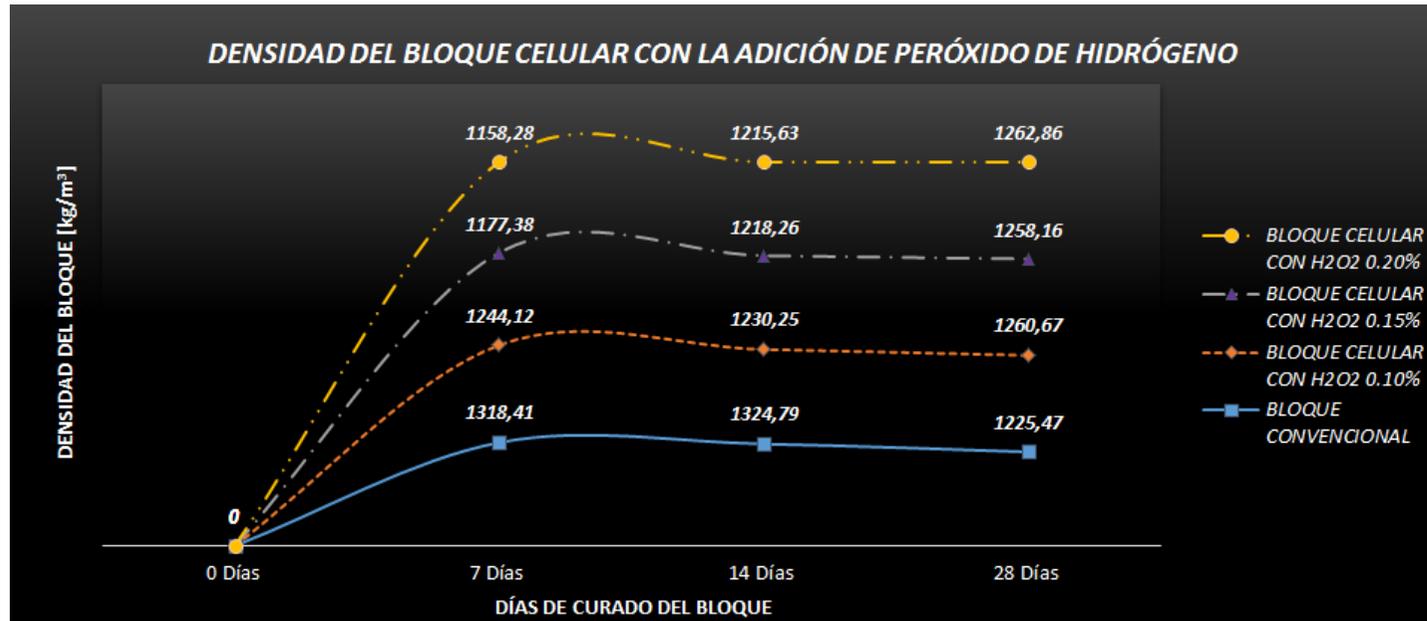
En las Gráficas N° 16-17 de adición de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno al culminar los 28 días de curado el bloque que presenta mayor contenido de humedad es el bloque celular elaborado con peróxido de hidrógeno

Gráfico N° 18. Contenido de humedad del bloque celular adicionando 0.20% de peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio



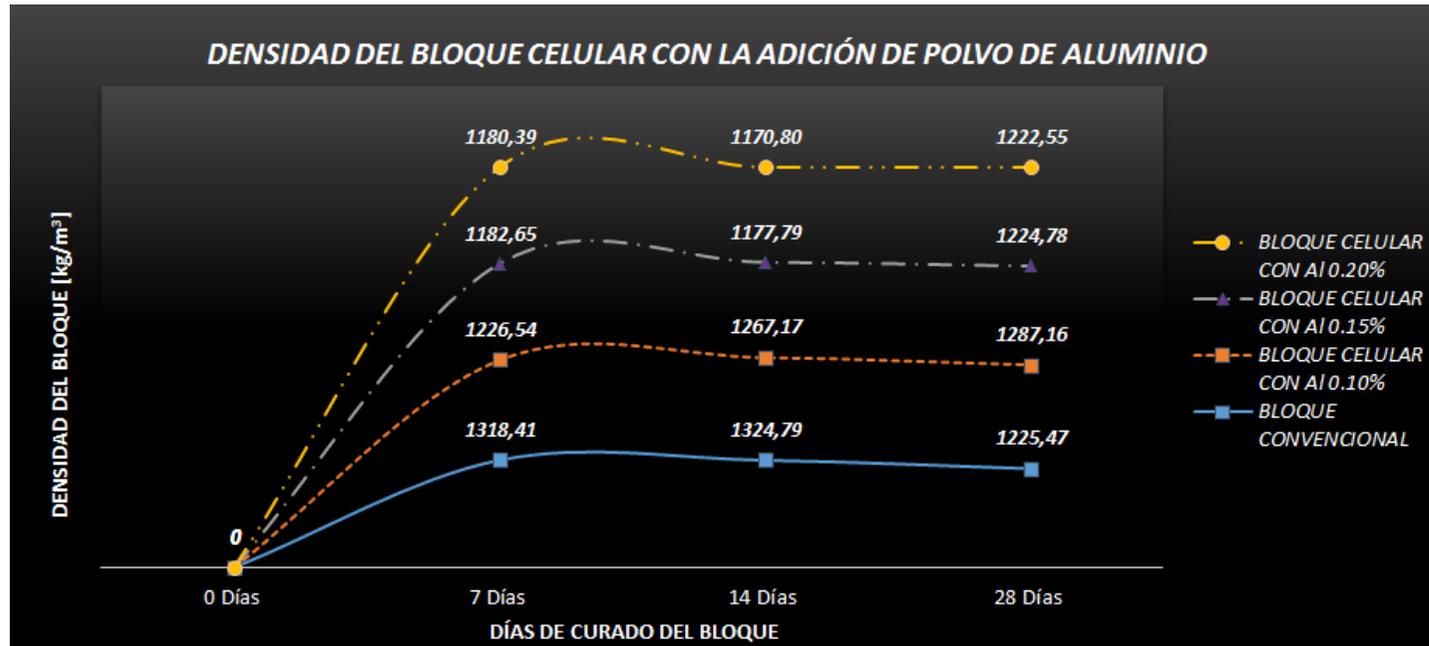
En la Gráfica N° 18 de adición de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno al culminar los 28 días de curado el bloque que presenta mayor contenido de humedad es el bloque celular elaborado con polvo de aluminio se debe a que presenta mayor porcentaje de polvo de aluminio en comparación a la gráfica anterior demostrando que el aluminio desprende mayor cantidad de gas mientras transcurre el tiempo.

Gráfico N° 19. Densidad del bloque celular adicionando peróxido de hidrógeno (0.10, 0.15, 0.20%)



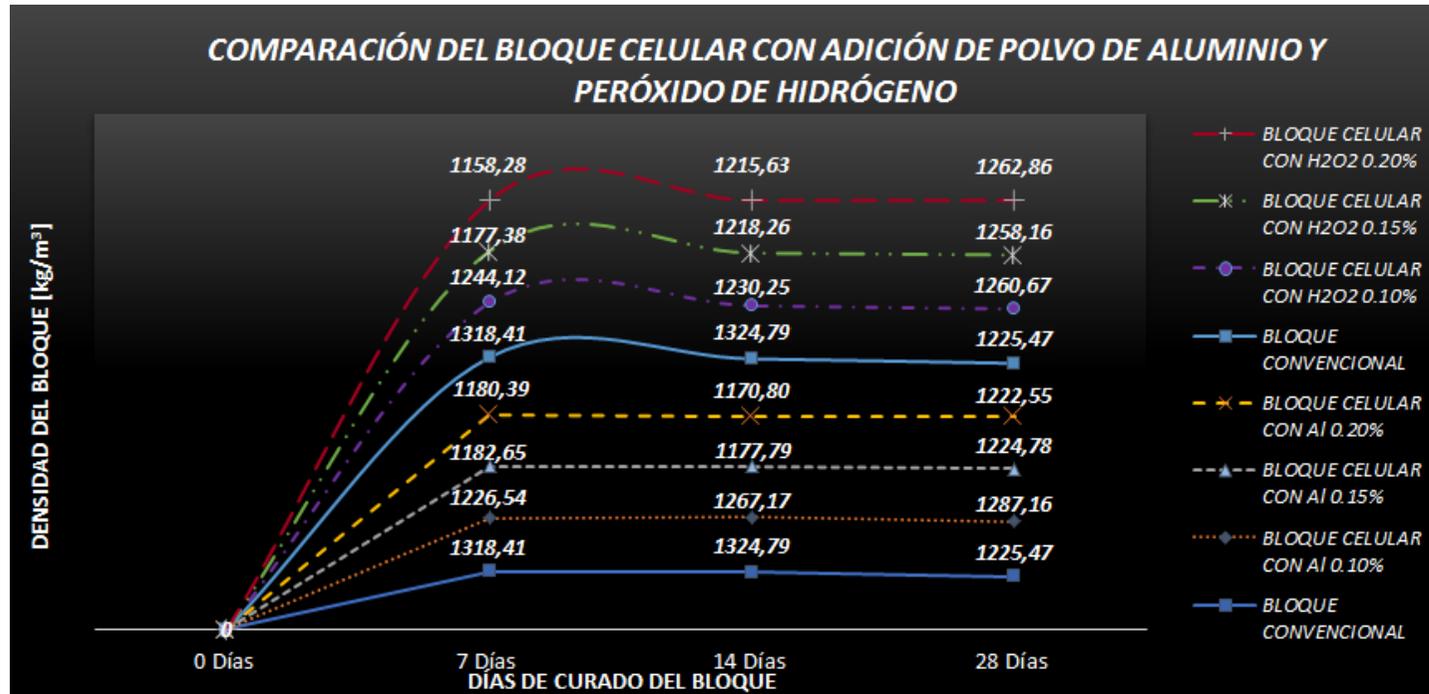
En la Gráfica N° 19 de adición de peróxido de hidrógeno al 0.10%, 0.15% y 0.20% se visualiza que el peróxido de hidrógeno a medida que transcurre el tiempo de curado la densidad del bloque celular aumenta en comparación con el bloque convencional, obteniendo con el porcentaje de 0.20% de H₂O₂ una densidad de 1262.86 Kg/m³ siendo la mayor entre los 3 porcentajes propuestos.

Gráfico N° 20. Densidad del bloque celular adicionando polvo de aluminio (0.10, 0.15, 0.20%)



En la Gráfica N° 20 de adición de polvo de aluminio al 0.10%, 0.15% y 0.20% se concibe que el polvo de aluminio con un porcentaje al 0.20% se obtuvo una densidad de 1222.55 Kg/m³, un 0.24% menos de densidad que un bloque convencional el cual tiene densidad de 1225.47 Kg/m³.

Gráfico N° 21. Comparación de la densidad entre el bloque convencional y el bloque celular adicionando peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio



En la siguiente gráfica se puede observar que, entre los dos materiales propuestos, el polvo de aluminio es el material adecuado para generar desprendimiento de gas el cual sirve para obtener burbujas de aire, permitiendo así volver al bloque convencional más ligero y con una mayor resistencia a la compresión que un bloque convencional.

Gráfico N° 22. Densidad del bloque celular adicionando 0.10% de peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio

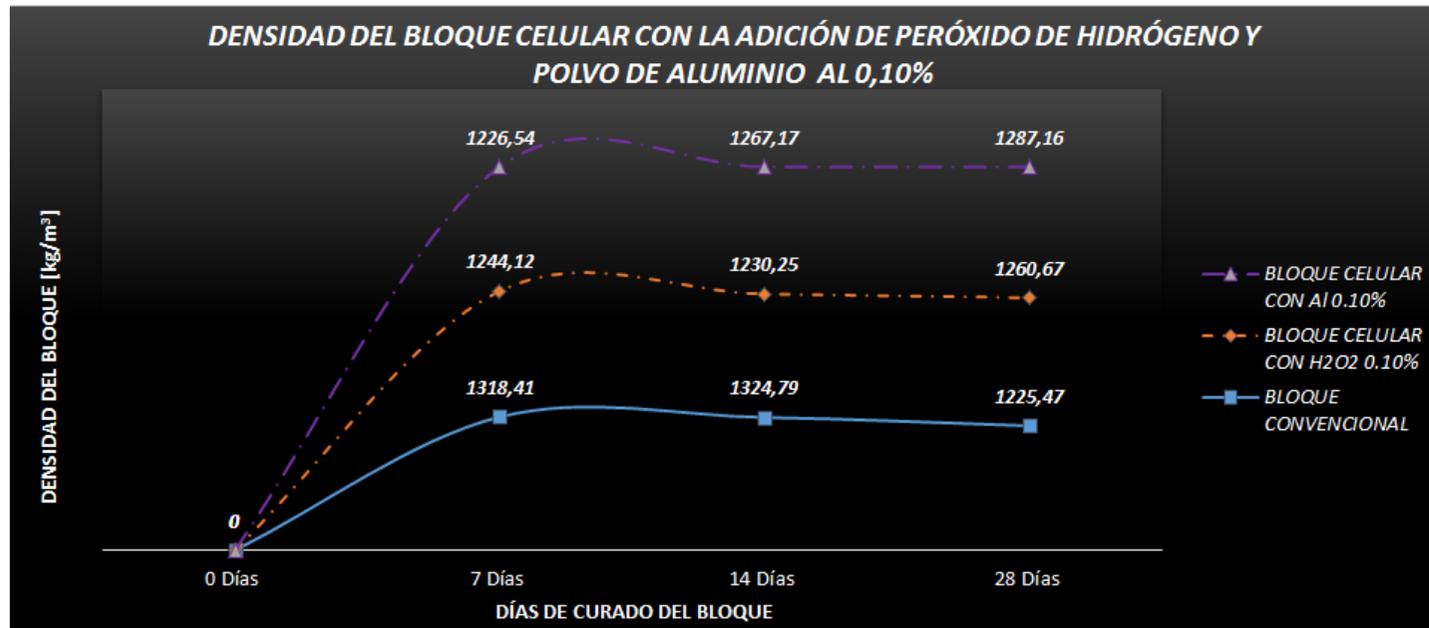


Gráfico N° 23. Densidad del bloque celular adicionando 0.15% de peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio

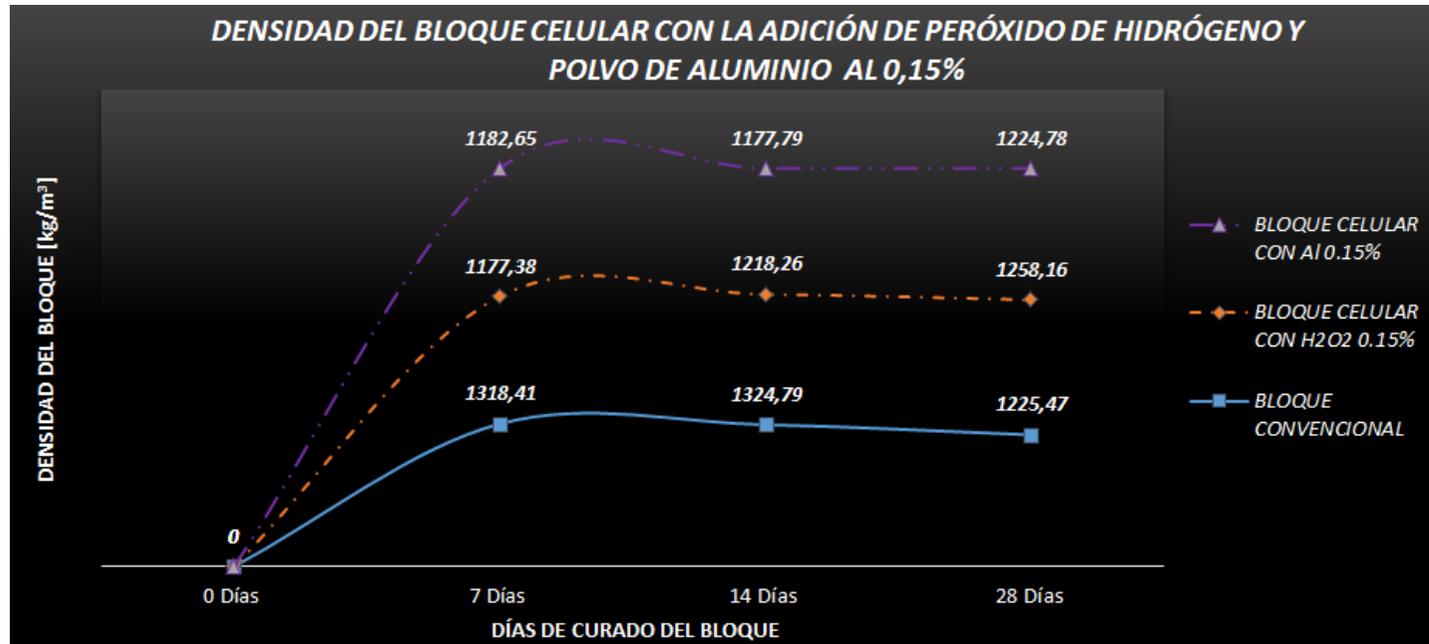
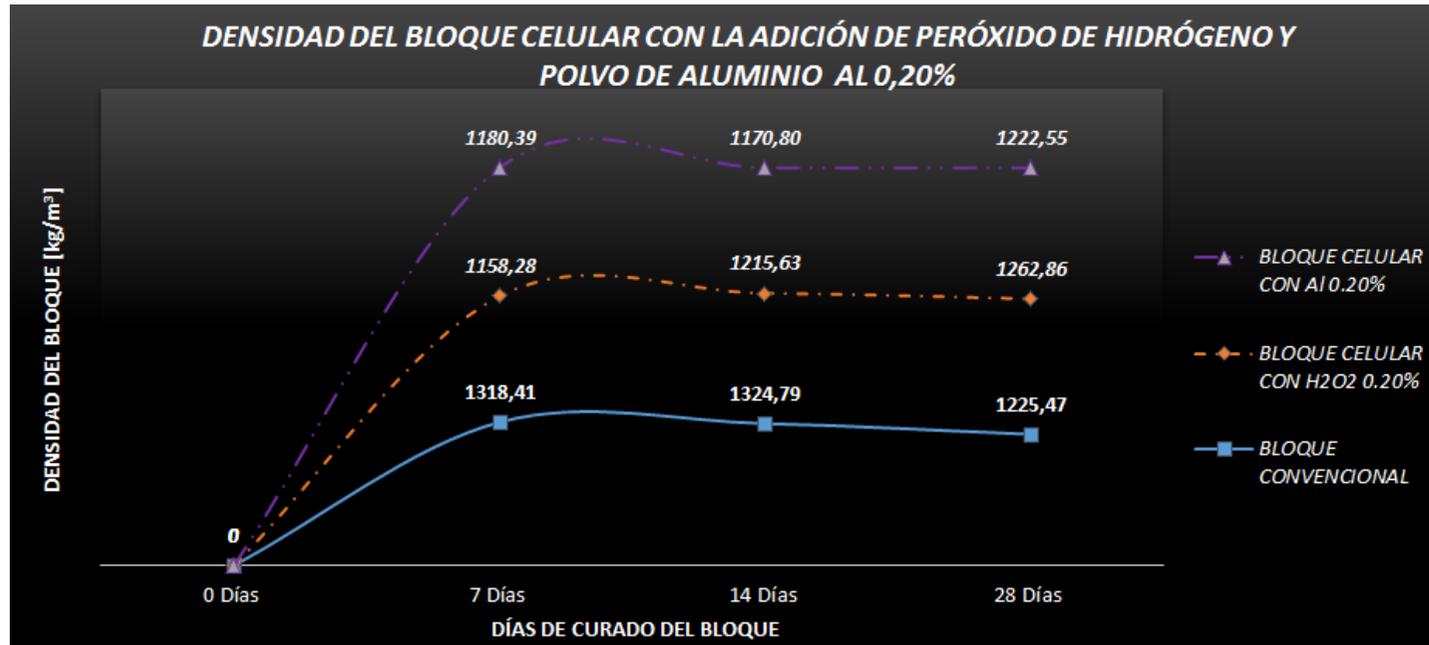


Gráfico N° 24. Densidad del bloque celular adicionando 0.20% de peróxido de hidrógeno y polvo de aluminio



En las Gráficas N° 22-23-24 se puede observar que lo descrito en las gráficas anteriores el polvo de aluminio es el material más adecuado para generar burbujas de aire lo cual nos permitirá volver a cualquier material más liviano siempre y cuando esté en presencia del cemento cal y agua.

4.3. Verificación de la hipótesis

De acuerdo a los resultados obtenidos al realizar los ensayos de laboratorio al bloque celular añadido polvo de aluminio, se observa una disminución en su densidad en comparación al bloque convencional. Dando como resultado que al añadir polvo de aluminio al 0.20% a la elaboración del bloque celular se obtuvo una densidad real de 1222.55 Kg/m³, en comparación con el bloque convencional que dio una densidad real de 1225.47 Kg/m³, consiguiendo una disminución de su densidad real en un 0.24% y aumentando su resistencia a la compresión a 2.14 Mpa.

Demostrando que a los 28 días de curado el bloque celular presenta la reacción adecuada, permitiendo deducir que en el transcurso de ese tiempo se obtendrá los espacios de aire efectivos en el bloque celular.

Mientras que, al añadir peróxido de hidrógeno al 0.15% a la elaboración del bloque celular se obtuvo una densidad real de 1258.16 kg/m³ y una resistencia a la compresión de 2.10Mpa, en comparación con el bloque convencional que dio una densidad real de 1225.47 Kg/m³, y una resistencia a la compresión de 1.80 Mpa. Logrando observar que la resistencia de este bloque celular al igual que su densidad real en comparación al bloque convencional.

Entonces, con estos resultados obtenidos se comprueba la veracidad de la hipótesis planteada, ya que se demostró que al añadir polvo de aluminio se logró disminuir la densidad real del bloque celular además de obtener mayor resistencia que un bloque convencional.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se determinó que al añadir 0.10% de polvo de aluminio su densidad real fue 1287.16 kg/m³ superior a la que presenta el bloque convencional de 1225.47 kg/m³.
- Se determinó que al añadir 0.15% de polvo de aluminio su densidad real fue 1224.78 kg/m³ logrando disminuir la densidad real que presenta el bloque convencional de 1225.47 kg/m³.
- Se determinó que al añadir 0.10% de peróxido de hidrógeno su densidad real fue 1260.67 kg/m³ superior a la que presenta el bloque convencional de 1225.47 kg/m³.
- Se determinó que al añadir 0.20% de peróxido de hidrógeno su densidad real fue 1262.86 kg/m³ aumentando en un 3.05%, en comparación al bloque convencional.
- Se observó que al adicionar polvo de aluminio en un 0.20%, resultó como una cantidad óptima de material presentando burbujas de aire adecuadas para generar un bloque celular de menor densidad real.
- Con el porcentaje óptimo de 0.20% de polvo de aluminio añadido al bloque convencional se obtuvo un aumento a la resistencia a compresión del 16%, con una disminución de la densidad del 0.23% con relación al bloque convencional.
- Mediante el ensayo de densidad se pudo observar que el bloque celular en el transcurso del tiempo al añadir polvo de aluminio y el peróxido de hidrógeno con el cemento, la cal y el agua se logra obtener la cantidad de espacios efectivos que se generan por el desprendimiento de gas hasta los 28 días de edad.
- Se evidenció que el polvo de aluminio, presenta mejores resultados dando una mejor resistencia a la compresión y la disminución en su densidad, mientras que con el peróxido de hidrógeno se pudo observar que su resistencia aumento en comparación del bloque convencional, pero al cabo de 28 días de curado su

densidad también aumento esto se debe a que el cemento se endureció dejando solo los espacios de aire efectivos.

- Se concluyó que el porcentaje óptimo del peróxido de hidrógeno es del 0.20% dando como resultado a los 7 días una densidad real de 1158.28 kg/m³ y una resistencia a la compresión de 1.09Mpa, mientras que a los 28 días el porcentaje óptimo es de 0.15% con una densidad real de 1258.16 kg/m³ y una resistencia a la compresión de 2.10Mpa.
- Al concluir con el ensayo de densidad se logró determinar que el bloque elaborado a base de peróxido de hidrógeno no cumplió con uno de los objetivos propuestos que era disminuir su densidad real.
- Se pudo concluir que el bloque celular es un mampuesto que tiene una gran ventaja ante el fuego debido a que presenta una baja conductividad térmica, permitiendo una buena respuesta ante el fuego, reduciendo que este se propague con mayor rapidez.
- Mediante la investigación teórica se conoció que el bloque celular es un excelente aislante acústico, debido a las burbujas que se encuentran encerradas, permitiendo así una disminución en la intensidad de las ondas sonoras.
- El polvo de aluminio es un material de fácil accesibilidad y económico llegando a costar \$1.50 cada kilogramo, siendo así la mejor opción para generar aire en un bloque celular.

5.2. Recomendaciones

- Se debe utilizar la dosificación propuesta, siempre y cuando el material se encuentre seco.
- En los ensayos de resistencia a la compresión es necesario verificar los datos ingresados a la máquina por lo que cualquier información errónea podría alterar los resultados.
- Es recomendable que durante la elaboración de los bloques se enrase en caso de que se produzca un exceso de material, en caso de que pese a esto se origine, quitar con el palustre para que no exista ningún desnivel al momento de someterlo a carga y que sea distribuida en toda el área del bloque.

- Es recomendable que al momento de elaborar y secar los bloques debe ser en un lugar cerrado debido que en presencia de la lluvia ésta puede alterar la consistencia de la mezcla y los bloques.
- En caso de que el polvo de aluminio se encuentre húmedo hay que secarlo, debido a que al estar húmedo podría no reaccionar con el cemento.
- Debido a que los porcentajes del peróxido de hidrógeno que se adiciono a la elaboración del bloque celular no cumplieron con la disminución de la densidad, se recomienda que para futuros estudios se experimente con otros porcentajes mayores a los utilizados en este trabajo.

C. MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. C. P. Hidalgo, Artist, Factibilidad del Uso del Raquis de Palma Africana en Mezcla con Agregados de Construcción para la Fabricación de Ladrillos Ecológicos. [Art]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2014.
- [2] S. R. S. Núñez, Artist, Albañilería de Bloques de Hormigón Celular Autoclavado (Hca): Estabilidad Dimensional y Control De Fisuración. [Art]. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Civil, 2009.
- [3] M. Rengifo y R. Yupangui, Artists, Estudio del Hormigón Celular. [Art]. Escuela Politécnica Nacional, 2013.
- [4] O. E. G. D. L. Régil, Artist, Optimización del Proceso de Fabricación de Bloques de Concreto del Estánda 15x20x40 cm con Grado de Resistencia 28kg/Cm², Caso Especifico Fuerte-Block Máquinas #1 Y #2. [Art]. Universidad de San Carlos De Guatemala, Abril 2005.
- [5] M. C. Laguna, Artist, Ladrillo Ecológico como Material Sostenible para la Construcción. [Art]. Universidad Pública de Navarra, Junio 2011.
- [6] I. M. Álvarez, Artist, Materiales Sustitutos en la Producción de Tabicón con Cementantes en Colima. [Art]. Universidad de Colima, 2004.
- [7] L. Valdez Y G. Suarez, Artists, Hormigon Liviano. [Art]. Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2010.
- [8] S. Medina, Artist, Ensayo de Materiales Ii. [Art]. Universidad Técnica de Ambato, 2013.
- [9] Anonimo, «Ingenierocivilinfo,» [En Línea]. Available : <Http://Www.Ingenierocivilinfo.Com/2010/05/Clasificacion-De-Los-Agregados-Para.Html>. [Último Acceso: 15 Mayo 2010].
- [10] I. E. D. N. Inen, «Hormigones. Hormigón Premezclado». Quito 26 Abril 2000.
- [11] Y. N. Ninaquispe, Artist, Uso del Concreto Celular en Unidades de Albañilería No Estructural. [Art]. Universidad Nacional de Ingeniería.
- [12] Ing. Gerardo Contreras, Artist, Concreto Celular para Uso Estructural. [Art]. Universidad de Cuenca, 2016.
- [13] B. Hernández, Artist, Estudio Comparativo de la Resistencia a la Compresión en Mezclas de Concreto Elaboradas con Materiales de Reciclaje: Plástico y Llantas. [Art]. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011.

- [14] C. Ibarra, «Metodología de la Investigación,» 26 octubre 2011. [En línea]. Available: <http://metodologadelainvestigaciinsiis.blogspot.com/2011/10/tipos-de-investigacion-exploratoria.html>. [Último acceso: 19 junio 2017].
- [15] J. Murillo, Artist, Métodos de Investigación de Enfoque Experimental. [Art]. Universidad Nacional de Educación.
- [16] J. Dominck, Introducción a la Investigación De Medios, México: Thomson Editores, 2000.
- [17] L. Herrera, A. Medina y G. Naranjo, Artists, Tutoría de la Investigación Científica. [Art]. Universidad Técnica de Ambato, 2014.
- [18] NTE, INEN 156 Cemento Hidráulico. Determinación de la Densidad, Quito, 2009.
- [19] NTE, INEN 639 Bloques Huecos de Hormigón. Muestreo y Ensayos, Quito, 2012.
- [20] NTE, INEN 696 Análisis Granulométrico en los Áridos, Fino y Grueso, Quito, 2011.
- [21] NTE, INEN 857 Áridos Determinación de la Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción de Árido Grueso, Quito, 2010.

2. ANEXOS



Fotografía N° 1. Mezcla de los materiales del bloque celular



Fotografía N° 2. Agregado Grueso



Fotografía N° 3. Peróxido de Hidrógeno



Fotografía N° 4. Polvo de Aluminio



Fotografía N° 5. Elaboración de los bloques celulares



Fotografía N° 6. Máquina para la elaboración de bloques



Fotografía N° 7. Adición de polvo de aluminio a la elaboración del bloque celular



Fotografía N° 8. Consolidación de los bloques



Fotografía N° 9. Adición de peróxido de hidrógeno a la elaboración del bloque celular



Fotografía N° 10. Instrumento para la medición del peróxido de hidrógeno



Fotografía N° 11. Bloques celulares con la adición de polvo de aluminio y peróxido de hidrógeno



Fotografía N° 12. Etiquetado de los bloques



Fotografía N° 13. Laboratorio de suelos GAD de Ambato



Fotografía N° 14. Peso del bloque celular sumergido



Fotografía N° 15. Peso del bloque celular saturado



Fotografía N° 16. Peso en seco del bloque celular



Fotografía N° 17. Colocación del bloque celular en la máquina de compresión



Fotografía N° 18. Distribución de pesas para el ensayo de compresión



Fotografía N° 19. Ruptura del bloque celular



Fotografía N° 20. Resultados arrojados por la máquina de compresión



Fotografía N° 21. Ensayo de compresión



Fotografía N° 22. Máquina de compresión