

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA “INDOAMERICA”



FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO CARRERA ARQUITECTURA

TEMA:

SISTEMA CONSTRUCTIVO NO ESTRUCTURAL DE ENSAYO DE
DOSIFICACIONES PARA MATERIALES ALIGERADOS QUITO, 2021.

AUTOR:

Pamela Estefanía Castillo Sarango

TUTOR:

Ing. Jorge Ponce Tamayo

QUITO - ECUADOR

2021

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de DIRECTOR del Proyecto: **“SISTEMA CONSTRUCTIVO NO ESTRUCTURAL DE ENSAYO DE DOSIFICACIONES PARA MATERIALES ALIGERADOS QUITO, 2020”** presentada por el ciudadano: Pamela Estefanía Sarango Castillo estudiante de la Facultad de Arquitectura, Artes y Diseño la **“Universidad Tecnológica Indoamérica”**, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la revisión y evaluación respectiva por parte del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito, marzo 2021



EL TUTOR

Ing. Jorge Ponce Tamayo

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

La abajo firmante, declara que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente proyecto, como requerimiento previo para la obtención del Título de Arquitecta, son absolutamente originales, auténticos y personales, de exclusiva responsabilidad legal y académica de la autora.

AUTOR



Pamela Estefanía Castillo Sarango

CI.1725805889

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

Yo, Pamela Estefanía Castillo Sarango declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “SISTEMA CONSTRUCTIVO NO ESTRUCTURAL DE ENSAYO DE DOSIFICACIONES PARA MATERIALES ALIGERADOS QUITO”, como requisito para optar al grado de Arquitecto Urbanista y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 15 de Marzo del 2021, firmo conforme:

Firma:  _____

Número de Cédula: 1725805889

Dirección: Alejandro Ponce y Francisco Ruiz N80

Correo Electrónico: estefi_c483@hotmail.es

Teléfono: 0984306251

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Proyecto de aprobación de acuerdo con el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Arquitectura, Artes y Diseño de la Universidad Tecnológica Indoamérica.

Quito, marzo 2021

Para constancia firman:

TRIBUNAL DE GRADO



PRESIDENTE

Arq. Teresa Pascual Wong



VOCAL

Arq. Verónica Guerrero Prado



VOCAL

Arq. Julio Vega Betancourt

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios, que me brindo salud, perseverancia, fortaleza y una maravillosa Familia.

Quiero agradecer a mis Padres y Familiares, que sin su apoyo y ayuda incondicional no pudiera haber logrado mis metas; a ellos un agradecimiento total.

Quiero agradecer a la Universidad Tecnológica Indoamérica y a cada uno de sus docentes por brindarme los conocimientos que me ayudan a desarrollar mi carrera profesional.

Quiero agradecer al Ing. Ponce. por su comprensión y paciencia; y por brindarme sus conocimientos para el adecuado desarrollo de este Proyecto de Tesis.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mis padres y a todo el esfuerzo, sacrificio y cariño que siempre me dan, a mis hermanas Gaby y Marilyn y hermano Luis que han sido mi fuerza para no decaer en este sueño, y a toda mi familia que también me apoyaron en toda mi carrera.

Pamela Estefanía Castillo Sarango

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE CONTENIDOS

PRELIMINARES	
PORTADA.....	1
APROBACIÓN TUTOR.....	2
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	3
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	4
DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO.....	6
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	7
ÍNDICE DE CUADROS Y GRÁFICOS.....	8
RESUMEN EJECUTIVO.....	9
INTRODUCCIÓN.....	16
CAPITULO I	
EL PROBLEMA	
TEMA.....	18
Línea de investigación.....	18
Señalamiento de variables.....	18
1.1. Variable Independiente: Inventario de arbolado.....	18
1.2. Variable Dependiente: Arbolado en un contexto urbano.....	18
PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA.....	19
CONTEXTUALIZACIÓN.....	25
ANÁLISIS CRÍTICO.....	25
JUSTIFICACIÓN.....	25
OBJETIVOS.....	26
1.3. Objetivo general.....	26
1.4. Objetivos específicos.....	26
CAPITULO II	
MARCO TEORICO	
2. Antecedentes investigativos.....	27
2.1.1 Historia del Hormigón aligerado.....	29
2.1.2. Hormigón aligerado.....	29
2.2. Clasificación del hormigón aligerado.....	31
2.2.1. Hormigón con Áridos Ligeros.....	32
2.2.2. Hormigones Aligerados Aireados.....	29
2.2.3. Hormigones Aligerados Espumoso.....	32
2.2.3. Hormigones Aligerados Espumoso.....	32
2.2.4. Hormigones Aligerados sin Agregado fino.....	33
2.2.5. Hormigones Aligerados con Viruta de Madera.....	34
2.2.6. Hormigones Aligerados con Cascarilla de Arroz.....	34
2.2.8. Hormigones aligerados con agregados livianos naturales.....	35
2.2.9. Hormigones aligerados con agregados livianos artificiales.....	37
2.2.10. Hormigones aligerados no estructural.....	40
2.2.11. Hormigones aligerados estructural.....	40
2.3. Mortero.....	41
2.3.1. Componentes del mortero.....	41
2.3.2. Cemento.....	41

2.4. Densidad	43
2.4.1. Resistencia.....	43
2.4.2 Aislamiento Térmico y Acústico.....	43
2.5. Reducción de cargas	43
2.5.1. Prestaciones Especiales.....	44
2.5.2. Aplicaciones.....	45
2.5.3. Hormigo Aligerado a base de Poliestireno Expandido.....	45
2.6. Procesos de fabricación de poliestireno expandido	46
2.6.1. Preexpansión.....	46
2.6.2. Reposo intermedio y estabilización.....	46
2.6.3. Proceso de transformación.....	47
2.6.3.1. Bloque.....	47
2.6.3.2. Bloque hueco de concreto.....	47
2.6.3.3. Moldeado.....	48
2.6.4. Corte – mecanizado.....	48
2.6.4.1. Corte en Recto.....	48
2.6.4.2 Corte en Formas.....	48
2.6.5. Antecedentes Históricos.....	48
2.6.6. Definición.....	48
2.6.7. Poliestireno Expandido.....	49
2.6.7.1 Proceso de Obtención de las Perlas.....	49
2.7. Reciclado del poliestireno expandido	50
2.7.1. Propiedades Químicas.....	50
2.7.2. Propiedades Físicas.....	51
2.7.2.1. Estructura.....	51
2.7.2.2. Densidad y Tamaño.....	52
2.7.2.5. Comportamiento Mecánico.....	53
2.7.2.6. Comportamiento Ante el Agua.....	53
2.7.2.7. Comportamiento Ante el Fuego.....	54
2.8. Económico	57
2.8.1. Ahorro de Tiempo.....	57
2.8.2. Ambiental.....	57
2.9. Ingeniería	57
2.10. Flexibilidad	58
2.11. Diagrama de bloques	61
2.12. Descripción de los equipos	61
2.12.1. Generador De Vapor: Caldero.....	62
2.12.2. Pre-Expansor.....	62
2.12.3. Secador de Lecho Fluido.....	63
2.12.4. Silos de Almacenamiento.....	63
2.12.5. Cortador de Poliestireno Expandible con Hilo Caliente.....	65
2.12.6. Proceso de Reciclado Mecánico de Plástico EPS.....	65
2.13. RECICLAJE DE PLÁSTICO	63
2.13.1. Clasificación de los plásticos que se pueden reciclar.....	64
2.14. Hipotesis	64
2.14. Ventajas	65
2.15. Desventajas	65

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico	
3.1.1. Alcance de la Investigación.....	68
3.1.2. Diseño de la investigación.....	68
3.1.3. Procedimiento de contratación de la hipótesis de investigación.....	68
3.1.3.1. Recursos Materiales.....	69
3.1.3.2. Maquinaria Utilizada.....	69
3.1.3.3. Equipo Utilizado.....	69
3.1.3.4. Herramientas Utilizada.....	70
3.1.3.5. Matriz de Consistencia de la Presente Investigación.....	70
3.1.3.6. Condiciones de laboratorio.....	70
3.2 Instrumentos de recolección de datos	70
3.2.1. Plantilla de Observación (Dosificaciones)	71
3.2.2. Plantilla de Observación (Ensayo de Compresión)	71
3.2.3. Plantilla de observación (Ensayo de compresión)	72
3.2.4. Plantilla de Observación (Ensayo de Compresión)	72
3.2.5. Resultados obtenidos de los ensayos.....	73
3.3. Características de los materiales dosificación	73
3.3.1. Arena.....	73
3.3.2. Agua.....	73
3.3.3. Piedra.....	74
3.3.4. Volumen Bruto.....	74
3.3.5. Piedra con Correccion de Agua.	74
3.3.6. Arena con Correccion de Agua.	74
3.3.7. Porcentaje Aportado de Piedra.	74
3.3.8. Porcentaje Aportado de Arena.....	74
3.3.9. Agregado Grueso.	74
3.3.10. Agregado Fino.....	75
3.3.11. Cemento.....	75
3.3.12. Contenido de Cemento.	75
3.4. Costos de elaboración de los bloques analizados	75
3.4.1. Materiales.....	75
3.4.2. Presentación de resultados.....	75
3.5 Población y muestra	76
3.5.1. Población.....	76
3.5.2. Tipo y Diseño de la investigación.....	76
3.5.4. Instrumento DE Recolección de Datos.....	77
3.5.5. Tratamiento, Análisis de datos y Presentación de Resultados.....	77
3.6. Caracterización de los materiales	78
3.6.1. Cemento.....	78
3.6.1. Áridos.....	79
3.6.2. Agua	79
3.6.3. Aditivos.....	79
3.6.4. Poliestireno expandido.....	79
3.6.5. Material más fino que pasa el tamiz N° 200 (NTP 400.018/ASTM C117).....	81
3.6.6. Peso específico y absorción.....	83

3.6.7. Contenido de humedad (NTP 339.185/ASTM C566)	85
3.6.8. Peso unitario (NTP 400.017/ASTM C29)	86
3.6.9. Concepto.....	87
3.6.10. Antecedentes.....	87
3.6.11. Proceso de Fabricación.....	87
3.6.12. Cambio de Volumen y Densidad del EPS por Tratamiento térmico	88
3.6.12.1 Propiedades del MEPS.	89
3.6.12.2. Propiedades de aislamiento térmico.....	89
3.6.12.3 Propiedades de aislamiento acústico.....	90
3.6.12.4. Preparación y Obtención del Poliestireno Expandido modificado.....	90
3.7. Cemento.....	90
3.7.1. Características del Cemento portland.....	93
3.7.2. Fraguado y Endurecimiento.....	89
3.7.3. Estructura de Mercado y Grado de Concentración Industrial.....	94
3.7.4 Agua.....	94
3.7.4.1. Agua de lavado de agregado.....	94
3.7.4.2. Agua de Amasado o Mezclado.....	95
3.7.4.3. Agua de Curado.....	95
3.7.4.4. Diseño de Mezcla de Concreto Ligero a Base poliestireno Expandido.....	96
3.7.4.5. Agregado Fino.	97
3.8. Proceso de elaboración.....	99
3.8.1. Resultados de la Dosificación.....	100
3.8.2. Dosificación para Densidad Aparente de 1200.....	100
3.8.3. Dosificación para densidad aparente de 1400 KG/CM3.	100
3.8.4. Dosificación para densidad aparente de 1600 KG/CM3.....	101
3.8.5. Especificaciones de especímenes de ensayo.....	102
3.8.6. Curado de especímenes de concreto ligero a base de poliestireno expandido...	102
3.9. Ensayos del concreto ligero a base.....	104
3.9.1. Consistencia o fluidez de la mezcla.....	104
CAPITULO IV	
APLICACIÓN METODOLOGÍA	
4. Propuesta del Bloque de Reciclado Poliestireno Expandido EPS.....	105
4.1. Referencia bloques de hormigón.....	105
4.2. Propuesta de diseño Poliestireno Expandido EPS Serie A-000.....	106
4.3. Colocación de Bloques de Reciclado Poliestireno Expandido EPS.....	108
4.5. Diseño de la Vivienda.....	109
4.5.1. Módulo.....	110
4.6. Uniones de Muros.....	111
4.6.1. Detalle de Muros Perpendiculares.....	111
4.6.2. Detalle de Muros en diagonal.....	112
4.6.3. Detalle de Muros en Esquina.....	113
4.6.4. Detalle de Muros en Esquina.....	114
4.6.5. Detalle de Muros de dilatada a losas de hormigon.....	115
4.6.6. Loseta.....	115
4.7. Arranque en Cimentación.....	117
4.8. Recursos Materiales.....	118
CAPITULO IV	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1 Conclusiones.....	124

5.2. Recomendaciones.....	125
---------------------------	-----

BIBLIOGRAFIA

Bibliografía.....	139
Anexos.....	127

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Imagen N.º 1: Construcción del imperio roma.....	29
Imagen N.º 2: Hormigones aligerados aireados.....	32
Imagen N.º 3: Hormigones aligerados Espuma.....	33
Imagen N.º 4: Hormigones aligerados a sin agregado fino.....	33
Imagen N.º 5: Hormigones aligerados aireados.....	34
Imagen N.º 6: Agregados Grueso.....	35
Imagen N.º 7: Agregados Fino.....	35
Imagen N.º 8: Piedra Pómez.....	36
Imagen N.º 9: Agregados.....	36
Imagen N.º 10: Diatomita.....	37
Imagen N.º 11: Vermiculita.....	37
Imagen N.º 12: Arcilla y Pizarras.....	38
Imagen N.º 13: Poliestireno Expandido.....	38
Imagen N.º 14: Perlita.....	38
Imagen N.º 15: Agregado de Clinker.....	39
Imagen N.º 16: Ceniza Volante o Ceniza Pulverizada de Combustible.....	39
Imagen N.º 17: hormigones aligerados no estructural fuente.....	40
Imagen N.º 18: Cemento.....	42
Imagen N.º 19: Prestaciones Especiales.....	44
Imagen N.º 20: Proceso de Transformación del poliestireno expandido.....	46
Imagen N.º 21: Bloque hueco de concreto.....	47
Imagen N.º 22: Obtención del polietileno.....	49
Imagen N.º 23: Dibujo de bloques.....	60
Imagen N.º 24: Dibujo de bloques.....	61
Imagen N.º 25: Dibujo de Caldero.....	61
Imagen N.º 26: Dibujo de Pre-expansor.....	62
Imagen N.º 27: Dibujo de Secador de lecho fluido.....	63
Imagen N.º 28: Dibujo de un Silo.....	63
Imagen N.º 29: Dibujo de un Cortador con hilo caliente.....	64
Imagen N.º 30: Tamizador.....	85
Imagen N.º 31: Malla Utilizadas en el proceso de tamizado del EPS triturador.....	87
Imagen N.º 32: Mesa de fluidez.....	89
Imagen N.º 33: Peso unitario.....	91
Imagen N.º 34: Características del molino utilizado para la molienda del EPS.....	92
Imagen N.º 35: Cambio de Volumen y Densidad del EPS.....	96
Imagen N.º 36: Poliestireno expandido al horno.....	96
Imagen N.º 37: Saco Cemento.....	99
Imagen N.º 38: Proceso de elaboración.....	104
Imagen 39: Dosificación del Concreto Ligero para densidad.....	100
Imagen 40: Dosificación del Concreto Ligero para densidad.....	105
Imagen 41: Dosificación del Concreto Ligero para densidad aparente.....	106
Imagen N.º 42: Especificaciones de especímenes de ensayo.....	107
Imagen N.º 43: Curado de especímenes Poliestireno expandido.....	107

Imagen N.º 44: Curado de especímenes Poliestireno expandido.....	108
Imagen N.º 45: Ensayo de Compresión en los bloques.....	108
Imagen N.º 46: Bloques de EPS.....	113
Imagen 47: Diseño Poliestireno Expandido.....	114
Imagen 48: Colocación de Mampostería.....	115
Imagen 49: Colocación de Mampostería.....	115
Imagen 50: Modulo.....	116
Imagen 51: Crecimiento de la Vivienda.....	117
Imagen 52: Crecimiento de la Vivienda.....	117
Imagen 53: Crecimiento de la Vivienda.....	117
Imagen 54: Detalle de Muros Perpendiculares.....	118
Imagen 55: Detalle de Muros diagonal.....	119
Imagen 56: Detalle de Muros diagonal.....	120
Imagen 57: Detalle de Muros Esquina.....	121
Imagen 58: Detalle de Muros Esquina.....	122
Imagen 59: Loseta.....	123
Imagen 60: Cimentación.....	134
Imagen N.º 61: Cimientos.....	135
Imagen N.º 62: Planta Baja.....	136
Imagen N.º 63: Planta Alta.....	137
Imagen N.º 64: Corte A-A.....	138
Imagen N.º 65: Corte B-B.....	139
Imagen N.º 66: Fachada Lat. Izquierdo.....	140
Imagen N.º 67: Fachada Lat. Derecho.....	141
Imagen N.º 68: Fachada Lat. Izquierdo.....	142
Imagen N.º 69: Fachada Frontal.....	143
Imagen N.º 70: Vista.....	144
Imagen N.º 71: Vista Frontal.....	146
Imagen N.º 72: Vista Interior.....	147

INDICE DE TABLAS

Tabla N.º 1.- Sistema Constructivo de Hormigón Aligerado.....	24
Tabla N.º 2.- Tabla relación agua/cemento según resistencia de 210 kg/cm ²	28
Tabla N.º 3: Hormigón de Agregado Aligerado.....	34
Tabla N.º 4: Hormigones Aligerados con Livianos Naturales.....	37
Tabla N.º 5: Hormigones Aligerados con Livianos Artificiales.....	39
Tabla N.º 6: Propiedades de los hormigones con agregado liviano.....	51
Tabla N.º 7: Estabilidad del EPS.....	52
Tabla N.º 8: Propiedad Mecánica del EPS.....	54
Tabla N.º 9: Propiedad Mecánica del EPS.....	55
Tabla N.º 10 Estabilidad del EPS.....	58
Tabla N.º 11: Flexibilidad y Facilidad.....	59
Tabla N.º 12: Código de identificación de resinas plásticas.	65
Tabla N.º 13: Sistema Constructivo de Hormigón Aligerado.....	67
Tabla N.º 14: Plantilla de Observación (Dosificaciones)	75
Tabla N.º 15 Plantilla de Observación (Ensayo de Compresión)	75
Tabla N.º 16: Plantilla de observación (ensayo de compresión)	76
Tabla N.º 17: Plantilla de observación (ensayo de compresión)	76
Tabla N.º 18 Resultados obtenidos de los ensayos a compresión de los bloques.....	77
Tabla N.º 19: Instrumento de Recolección de Datos.....	81

Tabla N. ° 20: Tratamiento, Análisis de datos.....	82
Tabla N. ° 21: Arenas Gruesas, intermedias, finas.....	84
Tabla N. ° 22: Tipo de Arena.....	84
Tabla N. ° 23: Material más fino que pasa el tamiz.....	86
Tabla N. ° 24: Porcentaje de Arena.....	87
Tabla N. ° 25: Peso Específico y Absorción.....	88
Tabla N. ° 26: Contenido de humedad del Agregado.....	90
Tabla N. ° 27: Contenido de humedad de Arena.....	90
Tabla N. ° 28: Cambios en la densidad.....	94
Tabla N. ° 29: Tabla comparativa de densidad entre EPS y MEPS.....	96
Tabla N. ° 30: Fraguado y Endurecimiento.....	98
Tabla N. ° 31: Agua de Curado.....	100
Tabla N. ° 32: Propiedades del Agregado Fino.....	102
Tabla N. ° 33: Dosificación para Densidad Aparente.....	105
Tabla N. ° 34: Dosificación para densidad.....	105
Tabla N. ° 35: Dosificación para densidad aparente.....	106
Tabla N. ° 36: Tipo de bloques.....	113
Tabla N. ° 37: Medidas de bloques.....	114
Tabla N. ° 38: Medidas de bloques modulares.....	114
Tabla N. ° 39: Recursos Materiales.....	125
Tabla N. ° 40: Materia prima.....	126
Tabla N. ° 41: Equipo Utilizado.....	127
Tabla N. ° 42: Secundario Herramientas.....	128
Tabla N. ° 43: Instrumentales de Herramientas.....	129
Tabla N. ° 44: Manejado de Herramientas.....	130

INDICE DE CUADRO

Cuadro N. ° 1: Efecto (Árbol de problemas)	25
Cuadro N. ° 2: Ventajas del Hormigón.....	30
Cuadro N. ° 3: Aplicaciones estructural hormigón ligero.....	45
Cuadro N. ° 4: Estructura hormigón ligero.....	51
Cuadro N. ° 5: Materiales utilizados para la elaboración del hormigón.....	56
Cuadro N. ° 6: Diagrama de bloques del proceso fabricación de láminas.....	57
Cuadro N. ° 7: Dosificación para densidad aparente.....	110
Cuadro N. ° 7: Dosificación para densidad aparente.....	111

INDICE DE GRÁFICO

Gráfico N.° 1: Etapa del Sistema Constructivo.....	19
Gráfico N.° 2 : Progreso del Sistema.....	20
Gráfico N.° 3: Historia del Hormigón.....	21
Gráfico N.° 4: Caracterización de residuos sólidos. Nivel Cantonal.....	22
Gráfico N.° 5: Composición de los Residuos Sólidos Urbanos del DMQ.....	23
Gráfico N. ° 6: Panel Simple.....	66
Gráfico N. ° 7: Composición del Panel.....	66
Gráfico N. ° 8: Clasificación de los Productos.....	67
Gráfico N. ° 9: Aplicación del Spritz Beton.....	68
Gráfico N. ° 10: Muros realizados.....	68
Gráfico N. ° 11: Lexacta, Isotex Proform, Eco-Bloque.....	69
Gráfico N. ° 12: Material de Mezcla.....	69
Gráfico N. ° 13: Muros.....	70
Gráfico N. ° 14: Detalles de Machihembrado.....	70

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y ARTES APLICADAS
RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: " SISTEMA CONSTRUCTIVO NO ESTRUCTURAL DE ENSAYO DE DOSIFICACIONES PARA MATERIALES ALIGERADOS QUITO."

AUTOR: Pamela Castillo

TUTOR: Ing. Jorge Ponce Tamayo

Últimamente existe un interés muy fuerte en encontrar materiales de construcción que sean de bajo presupuesto, de buena calidad y mejor aún si se pueden reutilizar materiales con el fin de reciclar y descontaminar.

En el presente trabajo, se desea hacer un análisis comparativo del hormigón no aligerado resistente, utilizando como materia prima el poliestireno expandido. Se realizará una dosificación por el cual se hará un tratamiento térmico al material poliestireno expandido (EPS), mejorando notablemente sus propiedades físicas, entregando un material, óptimo y de buena resistencia. Para estudiar el comportamiento de este nuevo material se efectuarán probetas de hormigón liviano de distintas dosificaciones. Con la finalidad de comprobar que ese material tenga los requisitos adecuados.

DESCRIPTORES: La presente tesis responde a un tipo de investigación cuantitativo, de nivel descriptivo y diseño transversal, no experimental. Mediante un trabajo en gabinete, el diseño de una edificación para ambos sistemas estructurales acero y concreto armado, del cual se obtiene su comportamiento sísmico, presupuesto y programación de ejecución. El diseño de los elementos estructurales de concreto armado se realizó siguiendo las normas que establece el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú; en el caso del diseño de las estructuras metálicas, se realizó siguiendo las normas del American Institute of Steel Construction (AISC).

INTRODUCCIÓN

En el transcurso del tiempo hemos visto como los sistemas constructivos ha ido evolucionando continuamente para ello se ha considerado analizar varios aspectos sobre la evolución, historia y la clasificación de los materiales de construcción que se han desarrollado logrando cambios importantes en las construcciones.

En la rama de la construcción los métodos constructivos se han caracterizado por la innovación de nuevos materiales gracias a la tecnología vemos como día a día se ha mejorado, facilitando procesos pasados y convirtiéndolos en eficientes como efectivos, es importante tener en cuenta que la tecnología y el transcurso del tiempo se ha experimentado algunos tipos de agregados livianos de los cuales tenemos arcilla, pizarras expandidas, vermiculita, perlita, procesadas industrialmente que han sido parte de agregados artificiales para obtener un agregado liviano como es el poliestireno expandido.

Por lo dicho, el presente trabajo de investigación, tiene por objeto dar a conocer el uso de diversos tipos de sistemas constructivos que existen en la ciudad de Quito, enfocándose en edificaciones construidas con EPS (Poliestireno Expandido), con la finalidad de la elaboración de un sistema constructivo para elementos no estructural a partir de la dosificación de un hormigón aliviano.

Un sistema constructivo es la agrupación de varios materiales de diferente índole que con una adecuada proporción de los mismos dan como resultado un elemento arquitectónico resistente y duradero, así mismo no hay que dejar pasar por alto el control técnico especializado (arquitecto o ingeniero) que inspeccione el proceso constructivo (Miled, 2014).

Cabe destacar que la investigación tiene como finalidad determinar el sistema constructivo no estructural mediante la dosificación de hormigón liviano. Los resultados de este trabajo de investigación servirán a toda la ciudadanía de Quito que se proyecte en el estudio y uso de materiales de construcción, y justificara la importancia de utilizar este material como es la espuma Flex (poliestireno expandido).

De acuerdo a lo ya mencionado el trabajo está estructurado partiendo de 5 cinco capítulos de las cuales tenemos:

El **Capítulo I** sintetiza el tema y el planteamiento del problema conjuntamente con sus variables.

El **Capítulo II** gira de acuerdo al marco teórico definiendo criterios básicos y conceptos relacionados con el tema a sustentar, de los cuales serán revisadas en fuentes de información bibliográficas como libros revistas científicas, tesis, y artículos científicos.

El **Capítulo III** se trabaja con la metodología utilizando el enfoque, la técnica y los tipos de investigación que en este caso es descriptiva por el cual se requiere profundizar el conocimiento, comprensión, interpretación.

El **Capítulo IV** se trabaja el aporte del trabajo de investigación, donde se desarrolló los resultados. Mediante la búsqueda de información con un enfoque basado en el análisis.

El **Capítulo X** se trabaja las conclusiones de la investigación, para poseer determinar si el material poliestireno expandido es factible

CAPITULO 1

EL PROBLEMA

TEMA:

**SISTEMA CONSTRUCTIVO NO ESTRUCTURAL DE ENSAYO DE
DOSIFICACIONES PARA MATERIALES ALIGERADOS QUITO**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Este trabajo se enfoca en la línea de investigación que propone la Universidad Tecnológica Indoamérica numeral 2 que se detalla a continuación.

Arquitectura y sostenibilidad: Se basa en buscar respuestas a problemáticas relacionados con: el hábitat social, los materiales y sistemas constructivos, los materiales locales, la arquitectura bioclimática, la construcción sismo resistente, el patrimonio, la infraestructura e instalaciones urbanas, el equipamiento social.

Señalamiento de variables.

- 1.1.** Variable independiente: Dosificación de ensayos de hormigón alivianado
- 2.2.** Variable dependiente: Se establece Poliestireno expandido como materia prima para la elaboración de un hormigón alivianado no estructural.

Planteamiento del Problema

1. Contextualización

Macro

En el Ecuador la cultura valdivia utiliza el sistema constructivo por hace más de 3900 años con esto conlleva a cambios en la estructura económica y social, pues modifico los tipos de vivienda y han sido modificados paulatinamente en el tiempo, por el cual se han adoptado a las condiciones ambientales de cada época.



Gráfico N.º 1: Etapa del Sistema Constructivo

Fuente: (Abarca, 2018)

A lo largo de la historia se ha venido dando un cambio bastante grande en las edificaciones y en las construcciones, vemos como los constructores han adaptado su conocimiento y practica en el uso de los materiales constructivos a las diferentes situaciones de estructuralismo, estilísticas, y sobre todo funcionalismo de la arquitectura propia de su contexto histórico, social y cultural (Alvarado, 2015).

Durante el siglo XIX los sistemas constructivos sufrieron grandes cambios radicales en su concepción estructural lo cual resultó principalmente del despertar de las ideas científicas del siglo XVIII, sumado al auge de la producción a gran escala de los nuevos materiales en la era industrial tales como el ladrillo, el hierro, el vidrio y el concreto forjado (Cansario, 2015).

Sin embargo, con el devenir de los tiempos, el desarrollo constructivo avanzado en su totalidad dando prioridad a varias ofertas constructivas en el mercado de la construcción.

Meso

En el Ecuador se encuentra en el anillo de fuego del pacífico siendo considerado un país con un alto riesgo sísmico por consecuencia se debería existir una normativa de alivianado en la construcción edificaciones, sus componentes como mampostería y las losas son las partes más afectadas por el sobrepeso que poseen.



Grafico N.º2 : Progreso del Sistema.

Fuente: (Abarca, 2018)

El sistema constructivo convencional no aporta al ahorro de energía eléctrica por no tener implementado materiales térmicos que disminuyan el uso de equipos de climatización siendo poco amigable para la conservación los recursos naturales, otro punto a tratar en las viviendas es el ruido debido a la alta concentración de ruidos resulta un problema las viviendas actuales y a largo plazo afectan audición de sus usuarios (Pérez, 2016).

Micro

En el Ecuador puntualmente en la ciudad de Quito el sector de la construcción se encuentra en continua evolución por sus recursos, materiales que muchas veces son reutilizables y compatibles con diferentes tipos de agregados. Por el cual cada vez vemos cómo va avanzando la tecnología e implementan nuevos sistemas constructivos más eficientes y accesibles para las construcciones

El hormigón ligero fue introducido por primera vez en la época del Imperio Romano en el año 273 A.C., cuando los constructores romanos usaron roca volcánica porosa, toba volcánica y arcilla como áridos ligeros para el hormigón.



Grafico N.º 3: Historia del hormigón.

Fuente: (Anape, 2015)

A partir de este. John Smeaton, un ingeniero inglés construyó el faro de Eddystone, obra a la que dedicó cuatro años (1755-1759). Para levantar esta obra emblemática de la ingeniería civil, Smeaton empleó un material de su invención, bautizado como "concreto" o "cal hidráulica". Se trata de una especie de hormigón de gran dureza y resistencia, resultante de la combinación de cal con otros materiales, como arcilla, arena y escoria de hierro machacada. Además, empleó una nueva técnica de colocación de los bloques de granito, con lo que levantó una construcción de impresionante solidez.

La resistencia del hormigón depende de cómo trabaje el conjunto de materiales, y se sabe que el poliestireno expandido por sí solo, posee una capacidad casi nula a la compresión, lo cual ha llevado a utilizar este tipo de hormigón netamente como un mortero, o a lo más para paneles divisorios, perdiendo claramente las ventajas que puede entregar si se realiza un pequeño tratamiento térmico previo a su utilización.

La reducción de los pesos, el incremento en el uso de elementos prefabricados, generará una serie de ventajas tanto en los procesos constructivos, así como en el comportamiento futuro de las estructuras.

En el año 2016 se realizó una investigación previa referente al poliestireno, para la construcción de bloques. Álvaro (2016), concluyeron que “El empleo de este material es

viable en la elaboración de bloques obteniendo resultados positivos y significativos en cuanto a sus propiedades físicomecánico se refiere”

El poco consumo del Poliestireno Expandido para viviendas es un problema latente, ya que las viviendas construidas con materiales convencionales son muy pesadas y se vuelven un peligro ante los movimientos sísmicos debido que la gran concentración de peso propio de una edificación hace que las estructuras fallen y colapsen en los terremotos (el principio es a mayor masa mayor será fuerza se desarrolla cuando ocurre un sismo), siendo la fuerza desarrollada la causante de la destrucción de una estructura (Cansario, 2015).

La Problematización diaria de los seres humanos y la forma de vida actual dan lugar a la producción y generación de toneladas de desperdicio en todo el mundo. Gran cantidad de productos llegan de forma inevitable a nuestros hogares. Es así como el poliestireno llega en forma de platos desechables, o en algún artefacto nuevo. En las mismas construcciones tenemos gran cantidad de desperdicios de este material, puesto que llega embalado en cerámicas para su fácil traslado, en piezas sanitarias frágiles, entre otras formas de presentación. Su cualidad más destacada es su higiene al no constituir sustrato nutritivo para microorganismos.

CARACTERIZACION DE RESIDUOS SOLIDOS.- NIVEL CANTONAL												
CANTON QUITO.- URBANA Y RURAL												
		Año: 2012		Población: 2.344.231								
CANTIDADES POR TIPO DE GENERADOR												
Subproducto	% Prom.	DOMESTICA	% Prom.	COMERCIAL	% Prom.	EDUCATIVA	% Prom.	MERCADOS	% Prom.	OTROS	% Promedio	TOTAL
PPC (kg/dia/hab)		0.525		0.135		0.025		0.117		0.048		0.850
TOTAL (Ton/dia/)		1231,645		317,210		59,346		273,410		111,581		1993,192
01 PAPEL	5,29%	65.215	7,65%	24.275	14,42%	8.558	1,96%	5.365	7,73%	8.624	5,62%	112.038
02 CARTON	2,37%	29.204	5,18%	16.418	3,14%	1.865	2,77%	7.566	3,37%	3.761	2,95%	58.817
03 COMPUESTOS	0,40%	4.924	0,23%	0.731	11,14%	6.609	0,00%	0.000	2,98%	3.329	0,78%	15.593
04 PELIGROSOS (PILAS, BAT, ...)	0,29%	3.544	0,25%	0.788	0,04%	0.025	0,00%	0.000	0,15%	0.172	0,23%	4.529
05 BOTELLAS PET	1,70%	20.943	2,78%	8.818	4,07%	2.418	1,28%	3.502	2,59%	2.893	1,94%	38.572
06 PLASTICOS ALTA DENSIDAD	2,13%	26.187	2,06%	6.549	4,21%	2.499	0,97%	2.654	2,40%	2.674	2,04%	40.564
07 FUNDAS PLASTICAS	5,53%	68.151	9,67%	30.667	5,23%	3.102	3,88%	10.618	6,11%	6.823	5,99%	119.361
08 POLIPROPILENO	1,54%	18.916	2,55%	8.080	5,45%	3.237	0,00%	0.000	2,46%	2.750	1,65%	32.982
09 POLIESTIRENO	0,73%	8.961	1,41%	4.477	2,88%	1.708	0,00%	0.000	1,30%	1.447	0,83%	16.583
10 INERTES (LOSA, CERAMICA, ...)	0,63%	7.748	0,08%	0.259	0,36%	0.212	0,00%	0.000	0,28%	0.312	0,43%	8.531
11 ORGANICOS DE JARDIN	2,58%	31.749	1,06%	3.369	0,24%	0.212	0,00%	0.000	1,04%	1.162	1,83%	36.492
12 ORGANICOS DE COCINA	51,36%	632.604	49,07%	155.643	24,47%	14.521	83,62%	228.623	50,79%	56.668	54,59%	1088.059
13 RECHAZOS (PAPEL HIGIENICO)	12,61%	155.297	6,82%	21.640	9,73%	5.772	5,39%	14.741	8,63%	9.633	10,39%	207.083
14 ELECTRONICOS	0,23%	2.879	0,19%	0.604	0,07%	0.041	0,00%	0.000	0,13%	0.141	0,18%	3.664
15 MADERA, TEXTILES, OTROS	2,83%	34.816	2,73%	8.654	4,89%	2.902	0,12%	0.328	2,76%	3.079	2,50%	49.780
16 METALICOS	1,05%	12.873	0,79%	2.493	1,41%	0.835	0,00%	0.000	0,86%	0.958	0,86%	17.159
17 VIDRIO	2,55%	31.383	1,65%	5.249	4,10%	2.433	0,00%	0.000	2,19%	2.449	2,08%	41.514
18 MENOR A 1 CM	6,19%	76.234	5,83%	18.494	4,16%	2.467	0,00%	0.000	4,22%	4.704	5,11%	101.899

Gráfico N.º 4: Caracterización de residuos sólidos. Nivel Cantonal.

Fuente: EMASEO (Modelo Informático 2018)

Es decir, no se pudre, no se enmohece ni se descompone lo que lo convierte en un material idóneo para la venta de productos frescos, pero se resalta que el poliestireno no es biodegradable, tarda aproximadamente 150 años en descomponerse. Según EMASEO se tiene los siguientes datos en cuanto a la generación de residuos en la ciudad de Quito.

Según el material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas preexpandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire". Existen muchos estudios donde se utiliza poliestireno expandido, como materia prima para obtener hormigones livianos de una gran gama de densidades, sin embargo, este hormigón liviano no se ha podido utilizar como un hormigón estructural o semi-estructural, debido a su baja resistencia a la compresión.

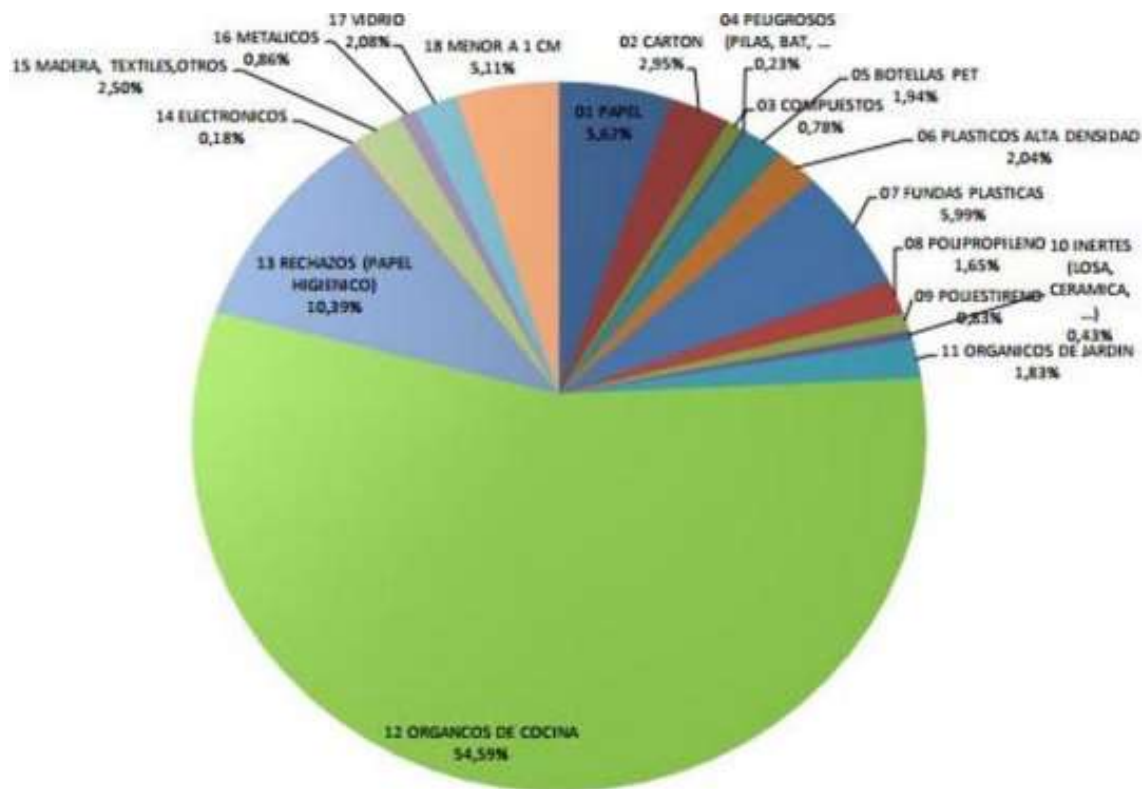


Gráfico N.º 5: Composición de los Residuos Sólidos Urbanos del DMQ.

Fuente: EMASEO (Modelo Informático 2018)



Facultad de
Arquitectura
Artes y
Diseño

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA

“INDOAMERICA”

FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO

CARRERA ARQUITECTURA

SUBPRODUCTO	AÑOS	PROYECCION(Ton/Año)
Poliestireno de Alto Impacto	2012	16.593
	2018	6056.445
	2020	7566.408

Tabla N.º 1: Efecto (Árbol de Problemas).

Fuente: Elaboración Propia (2020)

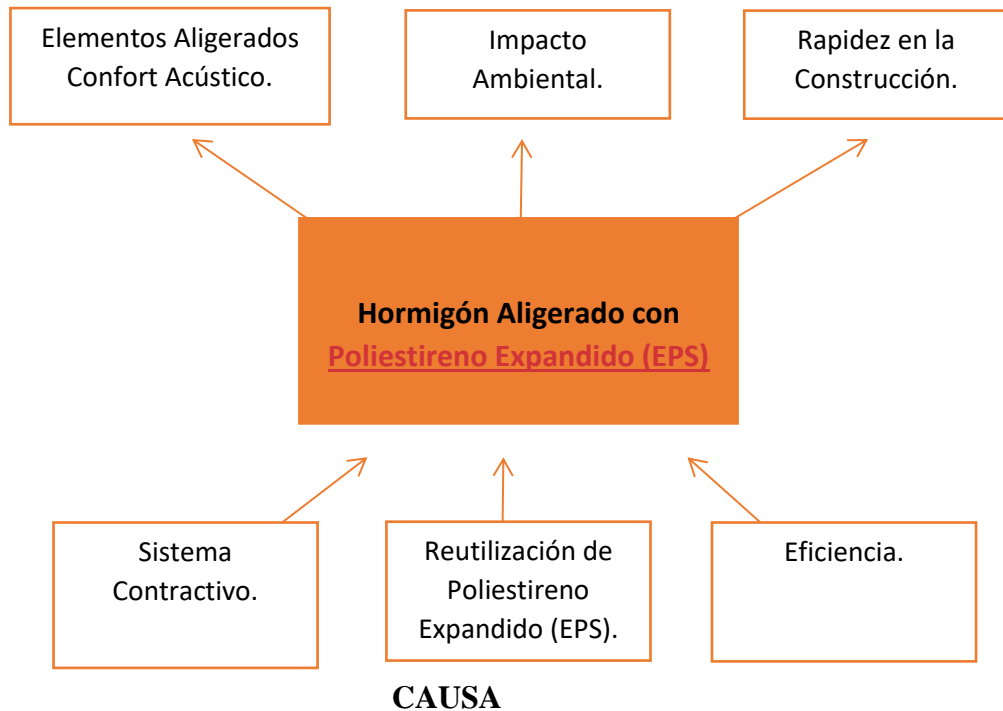
En la Tabla N°1 y Gráfico N°1 se observa que la cantidad de producción de desechos de poliestireno (EPS) en Distrito Metropolitano de Quito es diariamente de 16.593 toneladas, la mayor parte del poliestireno (EPS) producido no es reutilizado por las empresas encargadas del reciclaje. Con los resultados otorgados por EMASEO se busca la inclusión de este material de desecho que impacta el ambiente, pero contribuirá con el diseño de hormigón de baja densidad, y alta resistencia elaborado con poliestireno reciclado. Se tiene como dato que en el Distrito Metropolitano de quito se desechan 7566 toneladas de poliestireno de alto impacto para el año 2017. Al emplearlo en la construcción previo tratamiento y preparación q consiste en la reducción del impacto que ocasiona este elemento.

Ausencia de proyectos de térmicos

Las viviendas en Ecuador carecen de materiales con algún grado de aislamiento térmico para disipar los climas fríos o cálidos, para la climatización en la costa se utiliza acondicionadores de aire y para el frío en la sierra en un extracto medio alto existe la calefacción mientras las viviendas populares carecen de climatización. Todos estos sistemas actuales consumen gran cantidad de energía eléctrica siendo el rubro principal de consumo en vivienda (Pérez, 2016).

Análisis Crítico

EFECTO



Cuadro N.º 1: Efecto (Árbol de problemas).
Fuente: Elaboración propia (2020)

1.2. Formulación del Problema

- ¿Cuáles son las ventajas que implica el uso del sistema constructivo utilizando el material poliestireno expandido en la ciudad de Quito (EPS)?
- ¿Cuál es la resistencia de un material con Poliestireno expandido con el tradicional?

1.3. Justificación

El presente trabajo de investigación, contribuirá como un aporte técnico, a la construcción y a la sociedad, al realizar el análisis comparativo de los sistemas constructivos especialmente el hormigón aligerado para determinar si ese material es factible a las construcciones en la ciudad de QUITO.

En el transcurso del tiempo la evolución de las tecnologías ha logrado progresos importantes acerca de materiales de construcción que han permitido obtener beneficios en sus propiedades físicas y mecánicas por el cual han permitido que las construcciones convencionales queden a un lado, con el fin de instaurar nuevos métodos como es el poliestireno expandido en hormigones alivianados (Argueta, 2015).

En el Ecuador existen depósitos de áridos artificiales livianos de piedra pómez, poliestireno expandido materiales importantes para fabricar hormigones livianos que permite modificar o aligerar el peso de la estructura, de manera que permite que las fuerzas sísmicas serian menor debido a la disminución de peso. Por lo dicho, es importante hacer una investigación que busque estudiar el desarrollo de la metodología a través de ensayos de dosificaciones para materiales aligerados y elementos de la estructura utilizando materiales poco convencionales que hay en la ciudad Quito. Para este caso en particular será el Poliestireno Expandido (Abarca, 2018).

Por tal motivo, en este trabajo de investigación, tratamos el uso de la espuma Flex o también conocido como poliestireno expandido como una alternativa de material liviano en el hormigón, debido a que, en nuestra provincia no existe un agregado que cumpla con los requisitos para un hormigón alivianado.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

- Realizar un análisis comparativo de los sistemas constructivos especialmente del hormigón aligerado con el material Poliestireno Expandido.

1.4.2. Objetivo Específico

- Investigar y analizar los antecedentes de los sistemas constructivos no estructural mediante el material EPS, esbozando su evolución hasta la actualidad.
- Entregar un estudio de carácter investigativo, de manera que sirva como base para estimular la formulación de nuevas hipótesis y orientar la realización de nuevas investigaciones en el área.
- Identificar las ventajas y desventajas del material EPS.
- Analizar el costo estimado entre el hormigón convencional y el hormigón elaborado con poliestireno

1.5. Interrogantes de Investigación

- ¿Qué tan factible seria utilizar un sistema constructivo con este material en la ciudad de Quito?
- ¿Qué beneficios tendrá construir edificaciones con poliestireno expandido y que tal seguro resultaría?

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. Antecedentes Investigativos

En el transcurso del tiempo hemos visto como los sistemas constructivos ha ido evolucionando continuamente para ello se ha considerado analizar varios aspectos sobre la evolución, historia y la clasificación de los materiales de construcción que se han desarrollado logrando cambios importantes en las construcciones.

Según Christian (Loja Suconota, 2015) Un sistema constructivo es la agrupación de varios materiales de diferente índole que con una adecuada proporción de los mismos dan como resultado un elemento arquitectónico resistente y duradero, así mismo no hay que dejar pasar por alto el control técnico especializado (arquitecto o ingeniero) que inspeccione el proceso constructivo.

Cabe destacar que la investigación tiene como finalidad determinar el sistema constructivo no estructural mediante la dosificación de hormigón liviano.

Los resultados de este trabajo de investigación servirán a toda la ciudadanía de Quito que se proyecte en el estudio y uso de materiales de construcción, y justificara la importancia de utilizar este material como es la espuma Flex (poliestireno expandido)

Por otro lado, al ser el poliestireno expandido un nuevo material a ser introducido en la masa del hormigón, es necesario conocer sus características físicas, químicas, así como su proceso de fabricación.

Poliestireno expandido En el año 2008 en la ciudad de Oaxaca, México, el Taller de Arquitectura – Mauricio Rocha construye la Escuela de Artes Visuales de Oaxaca, el proyecto consta de 2270,0 m² de construcción. Se utiliza un sistema constructivo de muros portantes de tierra compactada o tapial, los cuales han sido mejorados al colocar un porcentaje de 5 – 10% de cemento (Karaman, 2014).

PARADIGMA	INDICADORES (LO QUE SE VA A INVESTIGAR)
<p style="text-align: center;">SISTEMA CONSTRUCTIVO DE HORMIGÓN ALIGERADO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • HISTORIA DEL HORMIGÓN ALIGERADO. • HORMIGÓN ALIGERADO. • CLASIFICACIÓN DEL HORMIGÓN ALIGERADO. <ul style="list-style-type: none"> -Hormigón con Áridos Ligeros. -Hormigones Aligerados Espumoso. -Hormigones Aligerados sin Agregado Fino. -Hormigones Aligerados con Viruta de Madera. -Hormigones Aligerados con Cascarilla de Arroz. -Hormigón de Agregado Aligerado. -Hormigones Aligerados con agregados livianos naturales. -Hormigones Aligerados con agregados livianos artificiales. -Hormigones Aligerados no Estructural. -Hormigones Aligerados Estructural. • MORTERO. • DENSIDAD. <ul style="list-style-type: none"> -Resistencia. - Aislamiento Térmico y Acústico. • REDUCCIÓN DE CARGAS. <ul style="list-style-type: none"> -Prestaciones Especiales. • APLICACIONES. <ul style="list-style-type: none"> -Hormigo Aligerado a base de Poliestireno Expandido. <ul style="list-style-type: none"> -Procesos de Fabricación de Poliestireno Expandido -Antecedentes Históricos. -Definición. -Poliestireno Expandido. • PROPIEDADES. <ul style="list-style-type: none"> -Propiedades Químicas -Propiedades Físicas. -Estructura. -Densidad y Tamaño. • COMPORTAMIENTO <ul style="list-style-type: none"> -Comportamiento Mecánico. -Comportamiento Ante el Fuego -Comportamiento Ante el Agua • ECONÓMICO <ul style="list-style-type: none"> -Ahorro de Tiempo. -Ambiental. -Ingeniería. -Absorción de Sonido. -Flexibilidad y Facilidad • VENTAJAS Y DESVENTAJAS. • APLICACIONES DEL HORMIGÓN.

Tabla N. ° 1: Sistema Constructivo de Hormigón Aligerado
Fuente: Elaboración propia (2020)

2.1.1 Historia del Hormigón aligerado

Antecedentes

En la época del imperio romano se dio por primera vez el invento del hormigón liviano a base de piedra pómez y linos calcinados que era parecido al cemento. Esto se dio en las ruinas de los templos de la antigua Roma. Posteriormente, en el año 200 antes de Cristo, se produjo un significativo avance en la optimización de los aglomerantes para la construcción: el cemento Romano.

Llegaron los años del declive del todopoderoso Imperio Romano y con ello disminuyó de manera estrepitosa y más que notable, especialmente a partir del siglo III después de Cristo, el uso del hormigón como material portante de grandes cargas en las diferentes construcciones realizadas desde la fecha antes mencionada (Pérez, 2016).

2.1.2. Hormigón aligerado

Desde su aparición, el hormigón aligerado se ha caracterizado por tener varias metodologías y técnicas al momento de ser empleada, de las cuales se puede mencionar el uso de espumas ligeras de los áridos convencionales por áridos de baja densidad. Por ende, hay una diversidad de materiales utilizados que todavía no concuerdan a lo convencional. Cabe destacar que los primeros hormigones livianos fueron utilizados en el Imperio Romano en los años 20 a.c. los primeros edificios construidos con hormigones estructurales livianos aparecieron en la primera guerra mundial (Neville, 2017).



Imagen N. ° 1: Construcción del imperio roma.
Autor: (Alvarado, 2014)

Se conoce como hormigón liviano a los concretos cuya densidad es menor a 1800 kg/m³ en un estado seco. Donde se muestra la resistencia máxima a la compresión de 17.2 Mpa

a los 28 días. Este hormigón se basa en el uso de agregados livianos con el fin de disminuir su peso, pero conservando las características parecidas al hormigón convencional (Jones, 2015). En otras palabras, el hormigón liviano es de densidad inferior a la del hormigón normal.

Por consiguiente, la manejabilidad del hormigón es directamente afectada por el inconveniente ocurre en la trabajabilidad en el momento que los agregados finos tienen un peso muy liviano y los agregados gruesos también. La mejor forma de conseguir una mezcla más eficiente es utilizando agregados finos de peso normal y agregados gruesos de peso liviano, esto ayuda a reducir la segregación y exudación. Si existen problemas se puede humedecer el agregado liviano con el fin que no consuma el agua de la mezcla. Es decir, se debe manejar de acuerdo a los parámetros para que la textura y la mezcla pueda salir de la mejor manera y se pueda conseguir el trabajo deseado (Jones, 2015).

Ventajas del Hormigón Liviano

- Buena aislante térmico
- Mayor resistencia al fuego que el concreto convencional.
- Menores costos de transporte
- Mayor rapidez con la construcción
- Reduce la carga muerta
- Buena aislante acústico
- Reducción de acero
- Menor densidad y peso de la estructura.

Cuadro N.º 2: Ventajas del Hormigón
Fuente: Elaboración propia (2020)

Como vemos a continuación, el hormigón liviano es ideal para construcciones de elementos secundarios en edificios o viviendas.

2.2. Clasificación del Hormigón Aligerado.

El hormigón aligerado se clasifica de acuerdo a sus densidades y se ha determinado que estas influyen directamente en el peso final del hormigón, de tal manera que contribuyen

a establecer ciertas particularidades. Como podemos ver en el siguiente cuadro una breve explicación de acuerdo al peso específico del hormigón liviano.

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA “INDOAMERICA” FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO CARRERA ARQUITECTURA</p>		
CLASIFICACIÓN DEL HORMIGÓN ALIGERADO		
Densidad del Hormigón	Aislamiento Térmico	Resistencia a la Compresión (28 días)
300 a 800 Kg/m ³ H.L Aislante	Alta	Baja 0,7 a 7 MPa
800 a 1200 Kg/m ³ H.L de Relleno	Media	Media 17 MPa Máximo.
1200 a 1850 Kg/m ³ H.L Estructural	Bajo	Alta. 21MPa en adelante

Tabla N. ° 2: Clasificación del hormigón Aligerado

Autor: Arq. George Alfredo

2.2.1. Hormigón con Áridos Ligeros.

El hormigón en el cual se introducen áridos ligeros, como sustitutos parciales o totales del árido ordinario (grava, arena), se denomina hormigón de árido ligero. Los áridos ligeros que se incorporan al hormigón pueden ser de dos naturalezas, áridos ligeros naturales o áridos ligeros artificiales. Los áridos ligeros naturales son en su mayoría áridos porosos de origen volcánico. Entre estos tenemos la piedra pómez, las trufas, las cenizas volcánicas. Estos tipos de áridos se los encuentra en países como Alemania, Italia y Japón, son capaces de producir hormigones con una resistencia mecánica media, pero de alta capacidad aislante y buena resistencia al fuego (Neville, 2016).

También se pueden utilizar otros áridos de origen natural, como los esquistos, pizarras, la diatomita y la arcilla; las cuales también se pueden definir como áridos ligeros, pues poseen una densidad muy por debajo de la densidad de los áridos tradicionales como la grava y la arena.

Por lo tanto, la producción de un hormigón con áridos ligeros naturales es complicada, pues no solo depende de la variabilidad en la disponibilidad de los depósitos naturales,

sino también de la variabilidad de su calidad. Es por esta razón que en el siglo XIX se inició la investigación para fabricar áridos artificiales (Newman, 2018). Es decir, el uso de estos áridos no es muy amplia ya que este material es muy limitado y no se encuentra fácilmente.

2.2.2. Hormigones Aligerados Aireados.

Un hormigón aireado se obtiene mediante la inclusión de grandes cantidades de aire o vacíos dentro de la estructura del hormigón. Los vacíos producidos deben diferenciarse de los vacíos producidos por la inclusión tradicional de aire, los cuales son muchos menores (Kinniburgh, 2016).

Se obtiene así una disminución en la densidad del hormigón, pero también una disminución en su resistencia debido a la presencia de vacíos. Es el producto de la formación de burbujas que quedan atrapadas en la mezcla al fraguarse sean éstas de aire, hidrógeno u oxígeno, debido una reacción química por adiciones al hormigón en estado fresco.



Imagen N. °2: Hormigones aligerados aireados.

Autor: (Abarca, 2018)

2.2.3. Hormigones Aligerados Espumoso.

Es el producto de la formación de burbujas que quedan atrapadas en la mezcla al fraguarse sean éstas de aire, hidrógeno u oxígeno, debido una reacción química por adiciones al hormigón en estado fresco (Terreros, 2013).

Al agregar polvo de aluminio finamente dividido en proporción del 0.2 por ciento del peso del cemento, álcali libera gases a manera de burbujas de hidrógeno, el peróxido de hidrógeno genera oxígeno (Neville, 2017).



Imagen N. ° 3: Hormigones aligerados Espuma.
Autor: (Abarca, 2018)

2.2.4. Hormigones Aligerados sin Agregado fino.

Los hormigones se definen a la mezcla formada por pasta de cemento y agregado grueso tradicional prescindiendo del agregado fino totalmente o levemente y, presenta una densidad relativa que oscila entre 1600 y 2000 kg/m³, determinado por la gradación del tamaño de las partículas delimitado entre 9.5 y 19 mm, dimensiones igual o menor de 4,76 mm no están presentes, la resistencia a la compresión que se obtiene a los 28 días está entre 14 Kg/cm² a 141 kg/cm², en cuanto a la relación agua cemento determinada en un rango de 0.38 a 0.52 (Martínez, 2016).

Finalmente, el hormigón sin finos se obtiene de manera sencilla al eliminar el árido fino de la mezcla del hormigón. Esta omisión provoca, al igual que con el hormigón aireado, una gran cantidad de vacíos. El árido grueso que se utiliza en este tipo de hormigones es el árido grueso tradicional usado en el hormigón de peso normal, como grava o piedra triturada (Kinniburgh, 2016).



Imagen N. ° 4: Hormigones aligerados a sin agregado fino.
Autor: (Abarca, 2018)

2.2.5. Hormigones Aligerados con Viruta de Madera.

Este tipo de hormigón es muy utilizado, se aplica en muros divisorios cuando se requiere un elevado aislamiento térmico y acústico, hay que tener en cuenta que este concreto liviano compuesto por este agregado tiene escasa resistencia a la compresión, presenta altas retracciones plásticas, por cuanto su curado debe de ser muy controlado, duradero e intenso, para aumentar la preservación, resistencia y evitar la putrefacción de las virutas de madera es necesario someterlas a un tratamiento de mineralización por inmersión en un compuesto diluido con cal, cemento, silicato potásico o cloruro potásico (Martínez, 2016).



Imagen N. ° 5: Hormigones aligerados aireados.
Autor: (Abarca, 2018)

2.2.6. Hormigones Aligerados con Cascarilla de Arroz.

Se ha realizado hormigón liviano con la cascarilla de arroz en estado natural, este material presenta una forma aconchada que permite atrapar aire en el interior, de tal manera que permite aligerar el peso del hormigón, químicamente también presenta un alto contenido de sílice que es compatible con la composición química del cemento que tiene la ventaja de ser utilizada en estado natural o calcinada (Martínez, 2016).

2.2.7. Hormigón de Agregado Aligerado

Los agregados son la parte inorgánica del hormigón o mortero los cuales están bañados por el cemento y el agua. Estos conforman el mayor elemento de la mezcla por ende son los que fijan las propiedades del concreto. La mezcla cementicia es el pegante de los agregados (Cansario, 2015). Los agregados se dividen en dos subtipos:





NOMBRE	DETALLE	IMAGEN
Agregados Grueso:	Se los conoce como la piedra o grava del hormigón, estos siempre se retienen en el tamiz. El tamaño máximo de este puede variar entre 19mm o 25mm.	 Imagen N. ° 6: Agregados Grueso Autor: (Abarca, 2018)
Agregado Fino:	Este se lo conoce como la arena del concreto o mortero. Puede ser recogida de ríos, los cuales se conocen como arenas naturales o pueden ser trituradas en cantera.	 Imagen N. ° 7: Agregados Fino Autor: (Abarca, 2018)

Tabla N. ° 3: Hormigón de Agregado Aligerado
Autor: (López, 2016)

En cuanto a la gran diversidad de agregados livianos de distintas características, propiedades y origen forman parte de un agregado que se da en su composición de los cuales es de gran importancia para la resistencia y densidad y se clasifican en tres categorías de las cuales tenemos:



- Naturales
- artificiales
- orgánico

2.2.8. Hormigones aligerados con agregados livianos naturales.

La Tecnología del hormigón liviano con agregados naturales se encuentra poco desarrollado por cuanto no se conoce normas técnicas que rijan las propiedades físicas de la materia prima, así como tampoco hay procedimientos de diseño y fabricación de este concreto. Se conoce que el hormigón aligerado espuma Flex, (Terreros, 2013)

Los agregados livianos naturales son aquellos que provienen de la explotación de fuentes naturales, estos se han sometido naturalmente a procesos como intemperismo, abrasión, o por medio de la trituración mecánica manteniendo sus propiedades y características propias; estos agregados presentan diferencias muy importantes en especial los agregados

livianos como la absorción alta de agua, lo cual disminuye su propiedad de aislamiento térmico; por esta razón cuando este material participa en la composición del hormigón liviano estructural, aplicado a elementos estructurales es necesario proteger la superficie del acero de refuerzo mediante anticorrosivos; entre los más representativos encontramos a la piedra pómez y la escoria.

NOMBRE	DETALLE	IMAGEN
<p>Piedra Pómez:</p>	<p>Material de origen volcánico, de estructura celular esponjosa obtenida naturalmente por distensión de la materia bajo la acción de una fuerte presión de gas en su interior y un enfriamiento rápido. Son rocas de origen volcánico, las cuales se encuentran en muchas partes del mundo. Son lo suficientemente ligeras y resistentes para ser usadas como agregados livianos. La piedra pómez se presenta usualmente de color clara o blanca y tienen una textura de celdas interconectadas.</p>	 <p>Imagen N. ° 8: Piedra Pómez Autor: (Abarca, 2018)</p>
<p>Escorias volcánicas:</p>	<p>Esta es una roca silícica amorfa derivada de los restos de las plantas acuáticas microscópicas, que se forman cerca de la corteza profunda del océano. La diatomita en forma pura tiene una densidad promedio de 450 kg/m³, pero debido a las impurezas la diatomita.</p>	 <p>Imagen N. ° 9: Agregados Autor: (Abarca, 2018)</p>




<p>Diatomita:</p>	<p>Esta es una roca silícica amorfa derivada de los restos de las plantas acuáticas microscópicas, que se forman cerca de la corteza profunda del océano.</p> <p>La diatomita en forma pura tiene una densidad promedio de 450 kg/m³, pero debido a las impurezas la diatomita es normalmente usada como un agente para dar mayor manejabilidad y también como un material puzolánico.</p>	 <p>Imagen N. ° 10: Diatomita Autor: (Abarca, 2018)</p>
-------------------	---	--

Tabla N. ° 4: Hormigones Aligerados con Agregados Livianos Naturales
Autor: (López, 2016)

2.2.9. Hormigones aligerados con agregados livianos artificiales

Estos se obtienen mediante calor hasta su fusión debido a las altas temperaturas, produciendo el desprendimiento de gases de los materiales que lo constituyen por lo cual se expanden disminuyendo su densidad. Por efecto el producir este tipo de material necesita de amplios estudios para examinar la característica de cada uno de estos y verificar si posee las propiedades para que la expansión pueda darse lugar. La densidad de estos agregados esta entre los 300 y 1000 kg/m³. Pueden obtenerse gran cantidad de hormigones de densidades inferiores a un hormigón convencional. Los agregados livianos más comunes son las arcillas expandidas, las pizarras o esquistos expandidos y las cenizas volantes calcinadas (Terreros, 2013).

<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA “INDOAMERICA” FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO CARRERA ARQUITECTURA</p> </div> </div>		
NOMBRE	DETALLE	IMAGEN
<p>Vermiculita</p>	<p>Mineral de aspecto micáceo que, desde el punto de vista de su composición química, es un aluminio silicato de hierro y de magnesio. Por calentamiento a una temperatura que varía entre 700 y 1300° C puede sufrir</p>	

	<p>una expansión de 30 a 35 veces su volumen inicial. Dicha expansión es debida a la liberación de vapor de agua por efecto del calor y varía según el origen y la constitución de la vermiculita. Este proceso se denomina exfoliación.</p>	<p>Imagen N. ° 11: Vermiculita Autor: (Abarca, 2018)</p>
<p>Arcilla y Pizarras Expandidas</p>	<p>Tienen la propiedad, cuando son calentadas rápidamente y a una temperatura adecuada, de dilatarse o hincharse, dando lugar a un producto poroso de estructura celular. La materia prima proveniente de la cantera, previa trituración, molido y convenientemente mezclado, es introducida en hornos especiales cuya temperatura alcanza los 1100 a 1400°</p>	 <p>Imagen N. ° 12: Arcilla y Pizarras Expandidas Autor: (Alvarado, 2014)</p>
<p>Poliestireno Expandido:</p>	<p>La fabricación del material se realiza partiendo de compuestos de poliestireno en forma de perlitas que contienen un agente expansor habitualmente pentano. Después de una pre-expansión, las perlitas se mantienen en silos de reposo y posteriormente son conducidas hacia máquinas de moldeo. Dentro de dichas máquinas se aplica energía térmica para que el agente expansor que contienen las perlitas se caliente y éstas aumenten su volumen, a la vez que el polímero se plastifica.</p>	 <p>Imagen N. ° 13: Poliestireno Expandido Autor: (Alvarado, 2014)</p>



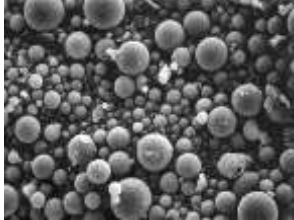
<p>La Perlita:</p>	<p>es una roca vítrea volcánica que se encuentra en América, Ulster, Italia y otros lugares. Cuando se calienta rápidamente hasta el punto de fusión incipiente (de 900 a 1100 °C) El concreto hecho con perlita tiene muy baja resistencia, contracción muy elevada y se emplea principalmente como aislante.</p>	 <p>Imagen N. ° 14: Perlita Autor: (Alvarado, 2014)</p>
<p>El Agregado de Clinker</p>	<p>conocido como ceniza se hace con residuos bien quemados de horno industrial de alta temperatura, sintetizados o aglomerados en terrones. Es importante que este clinker esté libre de las variedades perjudiciales de carbón sin quemar, las cuales pueden expandirse en el concreto, causando así inestabilidad.</p>	 <p>Imagen N. ° 15: Agregado de Clinker Autor: (Alvarado, 2014)</p>
<p>La Ceniza Volante o Ceniza Pulverizada de Combustible</p>	<p>Es un residuo finamente dividido de la combustión de carbón pulverizado en calderas de plantas modernas, tales como las plantas de energía eléctrica. La ceniza se humedece, se forman bolitas y, después, se aglomera en un horno adecuado: la pequeña cantidad de combustible no quemado presente en la ceniza, mantendrá por lo general este proceso de adición de combustible.</p>	 <p>Imagen N. ° 16: Ceniza Volante o Ceniza Pulverizada de Combustible Autor: (Alvarado, 2014)</p>

Tabla N. ° 5: Hormigones Aligerados con Agregados Livianos Artificiales
Autor: (López, 2016)

2.2.10. Hormigones aligerados no estructural.

Se denominan a aquellos que se caracterizan por utilizar agregados artificiales cuya resistencia a la compresión máxima a los 28 días varía entre 30 a 141 kg/cm², alcanzando densidades desde 500 hasta los 1400 kilogramos por metro cubico (Neville, 2016).



Imagen N. ° 17: hormigones aligerados no estructural fuente autor: (Anape, 2015)

2.2.11. Hormigones aligerados estructural.

Según el código (ACI 213R, 1987), el American Concrete Institute define a los hormigones livianos estructurales como aquellos que tienen una resistencia mínima a la compresión de 17,2 MPa a los 28 días, además presenta una densidad entre 1440 a 1840 kg/cm³, elaborados mediante la arena natural como árido fino de peso normal y agregado grueso de peso liviano, como también agregados finos y grueso de peso liviano. Agregados livianos artificiales como las arcillas expandidas se originan por el procesamiento de la materia prima a través de un tratamiento térmico a elevadas temperaturas en altos hornos, presentan una forma regular, superficie lisa y muy resistente, densidad liviana que varía desde 300 y 1000 kg/cm³, se puede producir diversos tipos de hormigones especiales, así como de alto desempeño que presentan una densidad por debajo de 1850 kg/m³ reportando resistencias a la compresión cilíndricas entre los 60 Mpa, e incluso mayores (Neville, 2017)

De acuerdo a las normativas existentes en países donde se han desarrollado estudios para ser aplicados en hormigones livianos de alto desempeño, es conveniente realizar una serie

de ensayos químicos que determinan distintas peculiaridades para el procesamiento de agregados livianos, entre las cuales se estiman estas exigencias:

- Agregado debe estar libre de impurezas orgánicas.
- Material de alto contenido de hierro es objeto de rechazo por la producción de manchas.
- No debe presentar terrones de arcilla.
- Agregados bien graduados

La obtención de los áridos naturales proviene principalmente de las canteras. Son triturados, tamizados y clasificados con destino a las fábricas de elaboración de hormigón o a particulares. Los áridos reciclados se obtienen mediante el procesamiento de los hormigones y residuos cerámicos en las plantas de reciclaje (mostrados en el apartado Los áridos gruesos resultantes de este proceso son transportados a las fábricas de elaboración de hormigón o a particulares.

2.3. MORTERO

El mortero es la mezcla de arena, agua y con un pegante que puede ser cemento o yeso. Estos generalmente se elaboran premezclados o manualmente. El mortero se elabora de acuerdo a la consistencia, la cual se la nombra de acuerdo a la relación cemento-arena. Este material tiene muchos empleos como mampostería, recubrimientos, entre otros.

2.3.1. Componentes del mortero.

Los morteros básicamente se componen de agregados finos y cementos.

2.3.2. Cemento.

El componente más costoso del concreto es el cemento. La pasta de cemento (cemento y agua) es el elemento que llena los vacíos entre los agregados, provee la trabajabilidad del concreto en estado fresco y proporciona la adherencia o pega entre los agregados una vez el concreto se endurece. El porcentaje de vacíos de una mezcla de agregados está principalmente relacionado con su gradación, forma y textura. (Larrad, 1999). Cabe destacar que el cemento es el material más importante del mortero y el hormigón

Todo cemento hidráulico que se comercialice en el mercado debe cumplir con la norma vigente.

Esta normativa se aplica a los cementos de acuerdo a lo dispuesto entre las cuales tenemos:



Imagen N. ° 18: Cemento
Autor: (Holcim, 2016)

- **Holcim Fuerte Tipo GU:** Está diseñado para todo tipo de construcción en general, contando como principales características su resistencia, durabilidad y destacado desempeño que cumple y excede los estándares de la norma NTE INEN 2380.
- **Holcim Premium Tipo HE:** Está fabricado para obtener altas resistencias iniciales y es ideal para edificaciones y sistemas industrializados; ya que su destacado desempeño cumple y excede los estándares de la norma NTE INEN 2380.
- **Holcim Ultra Durable GU HS:** para aplicación en estructuras con alta exposición a ataques de sulfatos.
- **Holcim Base Vial Tipo MH:** Es un cemento de moderado calor de hidratación, desarrollado especialmente para generar las resistencias adecuadas que permitan mejorar y estabilizar suelos mediante el uso del material disponible en sitio, reducir los costos de construcción, conservar el ambiente y mejorar la calidad y durabilidad de los caminos.” (Holcim, 2016).

En el Ecuador el mayor proveedor de cemento es la empresa multinacional Holcim. Los cuales cumplen con todas las normas. Holcim posee los siguientes productos.

2.4. DENSIDAD.

La densidad es el parámetro que más define a un hormigón aligerado pues controla varias de sus propiedades físicas (Karaman, 2014), siendo también el parámetro de mayor variabilidad. Esta variabilidad, provocada por la diversidad de densidad de los materiales utilizados para aligerar el hormigón, da como resultado hormigones con un rango amplio de densidades. Cabe destacar que el hormigón aligerado está directamente relacionado con su peso y puede ser considerado aligerado si su densidad es menor a la convencional.

2.4.1. Resistencia.

La resistencia a compresión de un hormigón aligerado permite identificar las posibles aplicaciones del mismo. Al identificar sus aplicaciones se podrá diferenciar entre un hormigón con capacidad estructural y un hormigón no estructural, destinado a elementos que no soportan una carga adicional a su peso propio, (Kinniburgh, 2016). Es importante tener claro que no existe una correlación simple entre la resistencia del árido utilizado en el hormigón aligerado y su resistencia a la compresión

2.4.2 Aislamiento Térmico y Acústico.

El hormigón aligerado con estructura celular es apto para producir elementos aislantes, con capacidad de absorción de energía. Esta capacidad de absorción de energía permite obtener una alta capacidad de aislamiento, tanto térmico como acústico (Jones, 2015)

La absorción térmica y acústica depende principalmente de la densidad, a menor densidad del hormigón mayor será su capacidad de aislamiento y menor su resistencia, (Abarca, 2018).

2.5. REDUCCIÓN DE CARGAS

De la densidad de un hormigón aligerado se deriva otra ventaja, que es la reducción de cargas por peso propio aportada por los elementos a la estructura. Esta reducción trae consigo varios beneficios en cuanto a costos.

El hormigón aligerado ha permitido hacer posibles proyectos en donde el peso era el factor limitante en el diseño. En estructuras reticulares, por ejemplo, los marcos deben llevar las cargas de pisos y muros; en ellos se pueden lograr considerables ahorros en su costo si se utilizan losas de entrepiso, muros divisorios y acabados exteriores a base de hormigón ligero (Kinniburgh, 2016).

2.5.1. Prestaciones Especiales.

Existen proyectos donde la resistencia mecánica no es el factor predominante al elegir el material a utilizarse, es aquí donde el hormigón aligerado puede convertirse en la opción preferencial.

Por ejemplo, edificaciones donde se desee un alto grado de resistencia al fuego. El hormigón aligerado no tiende a descascararse frente al fuego, eso unido al hecho de que su resistencia original disminuye en una baja proporción, en comparación al hormigón de peso normal, al ser sometido al calor, lo convierten en una buena protección ante el fuego (Neville, 2017) .



Imagen N. ° 19: Prestaciones Especiales

Autor: (Alvarado, 2014)

De manera similar, hormigones aligerados con poliestireno expandido poseen una resistencia a la congelación muy alta, pues el EPS al no ser capaz de absorber agua no corre el riesgo de provocar ciclos de contracción y retracción en el hormigón, lo que puede provocar fisuras. Hormigones ligeros de alta resistencia son incluso capaces de soportar valores similares de esfuerzos internos, e incluso en algunos casos, mayores que el hormigón de peso normal, esto reduce el riesgo de micro-fisuras a niveles bajos de esfuerzo (Abarca, 2018).

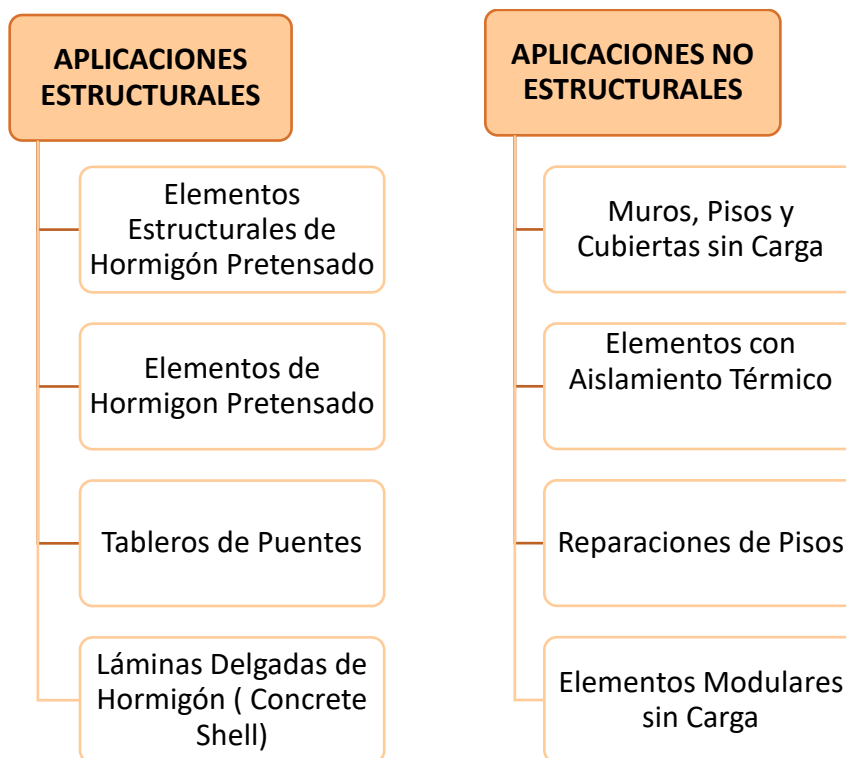
2.5.2. Aplicaciones.

Las aplicaciones de un hormigón se pueden identificar generalmente en base a sus resistencias mecánicas y otras propiedades específicas. Sin embargo, en el caso de hormigones aligerados, la resistencia es el factor que permite identificar las aplicaciones estructurales y no estructurales del hormigón. Una clasificación generalizada de estas aplicaciones se presenta en la siguiente figura; en base al cual se podrán identificar

aplicaciones más específicas para el hormigón aligerado, el cual es uno de los objetivos de este trabajo.

2.5.3. Hormigón Aligerado a base de Poliestireno Expandido

De acuerdo a lo visto hasta el momento, se reconoce al hormigón aligerado a base de poliestireno expandido que se realiza partiendo de un agregado ligero artificial: poliestireno en forma de perlitas que comúnmente se lo conoce como tecknopor. La presente investigación está netamente enfocada en determinar las propiedades y físicas y mecánicas de este tipo, así como del uso en unidades de albañilería no estructural, propiedades que se obtendrán mediante los respectivos ensayos de laboratorio. Por lo que no se cuenta con normativa para hormigón aligerado a base de poliestireno para uso no estructural nos basaremos en la normativa ACI 318-08 y en la guía ACI 213 R - 14 que nos dan alcances de hormigón aligerado para uso estructural (Jones, 2015).



Cuadro N.º 3: Aplicaciones estructural hormigón ligero
Autor: (Bernal, 2016)

2.6. PROCESOS DE FABRICACIÓN DE POLIESTIRENO EXPANDIDO

El proceso de fabricación del Poliestireno Expandido o EPS consta de las siguientes fases:

- Preexpansión
- Reposo intermedio y estabilización

- Proceso de transformación
- Corte
- Mecanizado)

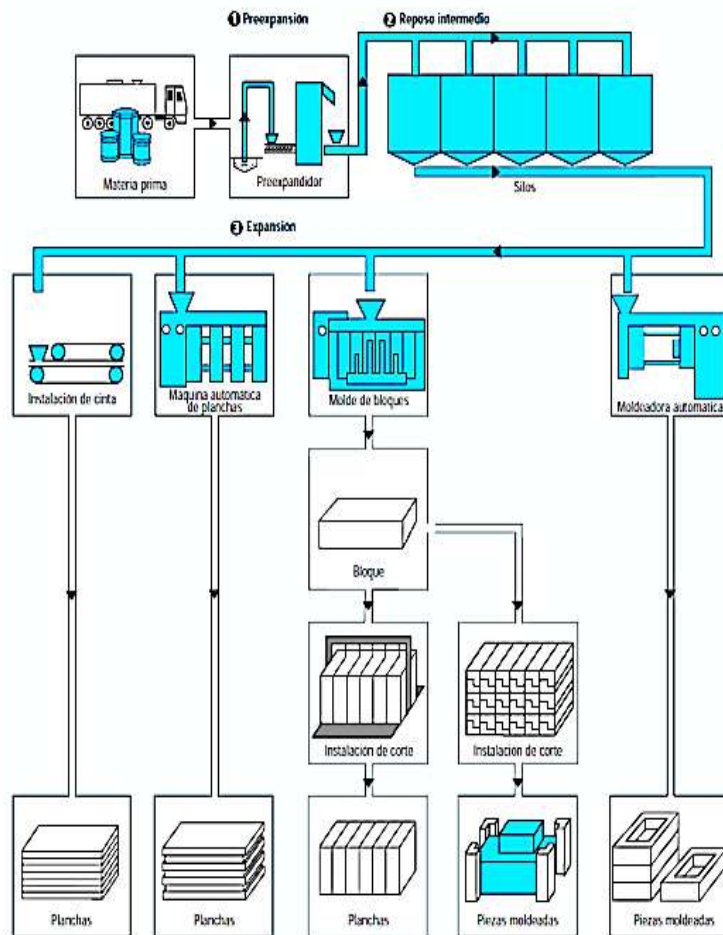


Imagen N. ° 20: Proceso de Transformación del poliestireno expandido
Autor: (BASF, Folleto de la BASF, 1998)

2.6.1. Preexpansión

La materia prima es introducida en unas máquinas denominadas preexpandidores. El proceso consiste en la expansión de la perla de poliestireno expandido, mediante la aportación de vapor de agua. De esta forma, el agente expansivo que lleva la materia prima, permite que ésta se expanda, bajando por tanto su densidad aparente. El control de la densidad, se realiza mediante el control de distintos parámetros, como la temperatura y del tiempo de exposición, la densidad aparente del material disminuye de unos 630 kg/m³ a densidades que oscilan entre los 10- 30.kg/m³. En el proceso de preexpansión, las perlas compactas de la materia prima se convierten en perlas de plástico celular con pequeñas celdillas cerradas que contienen aire en su interior. (Textos Científicos, 2015)

2.6.2. Reposo intermedio y estabilización

Cuando las partículas recién expandidas se enfrían, se crea un vacío interior que es preciso compensar con la penetración de aire por difusión. Para ello, el material se deja reposar en silos ventilados durante un mínimo de 12 horas.

De este modo las perlas alcanzan una mayor estabilidad mecánica y mejoran su capacidad de expansión, lo que resulta ventajoso para la siguiente etapa de transformación. Dependiendo de la densidad aparente del poliestireno expandido a transformar, puede someterse la materia prima preexpandida a una segunda preexpansión, o bien, directamente pasar al proceso de transformación. (Textos Científicos, 2015)

2.6.3. PROCESO DE TRANSFORMACIÓN

2.6.3.1. Bloque

La perla preexpandida, entra en un bloque en el que se ve sometida a un proceso de soldadura, que se consigue mediante su acatamiento a una aportación de vapor de agua, durante un período que varía según el tipo de densidad aparente de la pieza a obtener, proceso realizado en una autoclave, después de un proceso de estabilización sale de la máquina un bloque (John, 2018).

2.6.3.2. Bloque hueco de concreto.

Se da el nombre de bloque hueco de concreto al elemento simple en forma de paralelepípedo ortogonal, con perforaciones paralelas a una de las aristas, fabricados con una mezcla de cemento, arena, agregado grueso y agua (Newman, 2018).

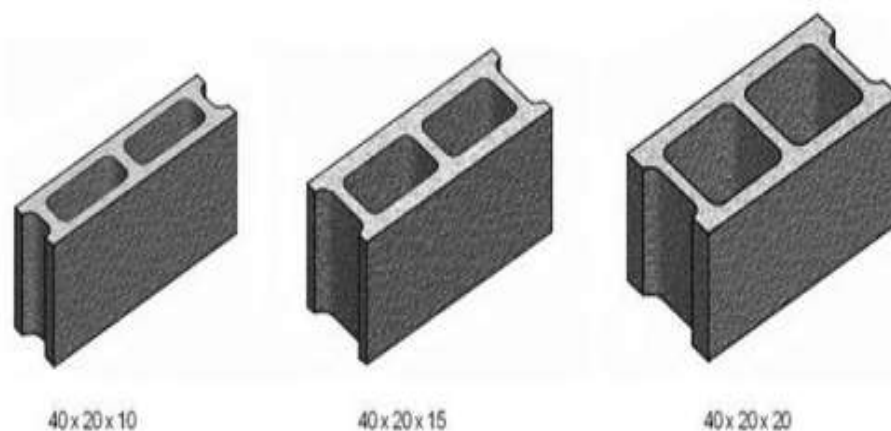


Imagen N. ° 21: Bloque hueco de concreto
Autor: (Alvarado, 2014)

2.6.3.3. Moldeado

El moldeado es un proceso similar al del bloque, solo que éste se realiza en una máquina en la cual hay un molde con la forma concreta de la pieza que se va a fabricar. En este proceso el material se introduce en el molde y es soldado mediante aporte de calor. (Textos Científicos, 2015)

2.6.4. Corte – mecanizado

2.6.4.1. Corte en Recto

Los bloques de poliestireno expandido obtenidos, pueden ser cortados en planchas, como último paso del proceso de fabricación, para dejar el material preparado para servir al consumidor. Dicho proceso se lleva a cabo, mediante la utilización de una mesa de corte, en tres dimensiones en la que hay dispuesto un sistema de hilos calientes, que nos permiten hacer del bloque tantas planchas como sea posible de las medidas requeridas. (Textos Científicos, 2015).

2.6.4.2 Corte en Formas

Cuando es necesario obtener formas más complicadas, el bloque es mecanizado en pantógrafos de control numérico, que permite realizar cortes en dos dimensiones. (Textos Científicos, 2015).

2.6.5. Antecedentes Históricos.

En cuanto al poliestireno expandido, agregado ligero para este tipo, fue dado a conocer el 28 de febrero de 1950 por la compañía alemana BASF siendo sus inventores el Dr. Fritz Stastny y Karl Buchholz, investigadores de los laboratorios de la empresa en Ludwigshafen. Más adelante se desarrollarían diversos métodos para la obtención de perlas y su transformación en productos (Pérez, 2016). Posterior a la segunda guerra mundial se encontraron nuevos usos para este material, entre los que destaca la decoración y la aislación. Así, se desarrolló un proceso que permitió la extrusión continua de la espuma.

2.6.6. Definición.

Según la ACI 318-08 para que un hormigón aligerado entre en el grupo de hormigón estructurales ligeros, debe tener como máximo una densidad de 1840 kg/cm^3 , este requisito también se ajusta para este tipo de concretos para una función no estructural. La

diferencia entre el uso estructural y no estructural se limita específicamente en la resistencia a la compresión que tenga el agregado liviano, ya que la resistencia del agregado determina en forma parcial la resistencia de la mezcla final, la guía: ACI 213R14 menciona que para un uso estructural la resistencia a compresión del agregado liviano no debería bajar de 35 MPa, por lo que se podría deducir que la resistencia a la compresión de agregados livianos que constituyen hormigón de uso no estructural es menor a 35 MPa (Cansario, 2015).

2.6.7. Poliestireno Expandido.

2.6.7.1 Proceso de Obtención de las Perlas.

El poliestireno expandible es la materia prima que da lugar a la obtención del poliestireno expandido. Esta materia prima, al igual que todos los materiales plásticos, es un derivado del petróleo. Sin embargo, el 94% del petróleo está destinado a combustibles para transporte y calefacción y tan solo el 6% restante a la petroquímica (fabricación de productos plásticos y químicos). Debido a que el poliestireno expandible es un polímero del estireno, al procesar el gas natural y el petróleo, se obtiene principalmente el etileno y varios compuestos aromáticos; y de ellos el hidrocarburo aromático denominado estireno (Anape, 2015).

El poliestireno expandible se consigue entonces mediante el proceso de polimerización del monómero de estireno con adición de un agente expansor denominado pentano, a través de un reactor con agua (Polines, 2013). El pentano no contiene compuestos con cloro o flúor, es decir gases de la familia de los CFCs, HCFCs y HFCs, que son conocidos por sus efectos dañinos sobre la capa de ozono (Jones, 2015).

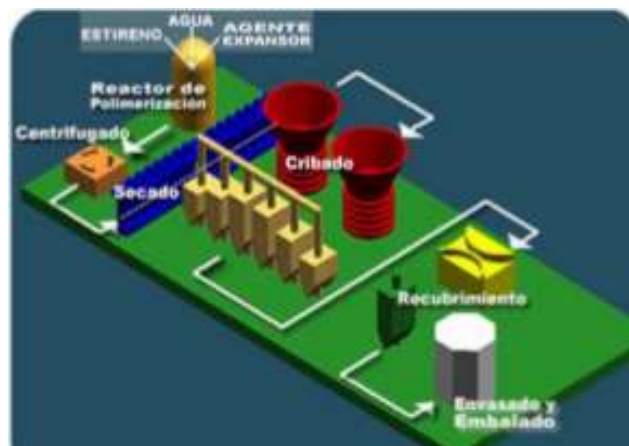


Imagen N. ° 22: Obtención del polietileno

Autor: (Anape, 2015)

2.7. RECICLADO DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO.

Después de usar el poliestireno expandido y realizar los bloques, al cortar siempre quedan retazos, estos se pueden producir nuevas materias primas químicas, que no están sometidas a limitaciones en cuanto a la técnica de aplicación, a partir de desechos de bloques de poliestireno expandido. Los desechos de bloques se pueden incinerar sin problemas y sin dejar trazas en las plantas de incineración de basura de las ciudades y de los municipios a las temperaturas usuales de aprox. 1000°C y con suficiente aportación de aire, especialmente si están triturados y mezclados con otros desechos (Pérez, 2016).

En fábricas o plantas de producción grandes de bloques o láminas de poliestireno expandido también se pueden utilizar los desechos de la producción para la generación de vapor. Esto presupone, que el generador de gas tenga una cámara de combustión específica y un elemento regulador especial. Los desechos de bloques de EPS se aportan en forma triturada. Es necesario asegurar que no se sobrepasen los valores de emisión de gas de combustión localmente admisibles. No está permitido incinerar desechos de poliestireno expandido al aire libre debido a la fuerte formación de hollín. (Pérez, 2016).

2.7.1. Propiedades Químicas

Al igual que varios de los productos a base de polímeros, es susceptible a daños frente a la radiación UV, es decir que cuando se encuentra expuesto durante un periodo largo de tiempo se torna amarillo, lo cual es un indicativo de la degradación del polímero. Sin embargo, en esta investigación el EPS va a ser introducido en el hormigón, por lo que es poco probable que este efecto ocurra ya que el EPS no se encuentra expuesto directamente a los efectos de la radiación UV (Karaman, 2014).

De acuerdo a la naturaleza de los diferentes productos químicos, el comportamiento del EPS puede variar. Es así como (Anape, 2015). proporciona una tabla en la cual analiza la estabilidad del EPS frente a varias sustancias activas.

En la industria de la construcción, el EPS es compatible con materiales tales como el cemento, yeso, agua dulce o salada, etc., pero no es compatible con solventes (Bartnetson, 2004).

2.7.2. Propiedades Físicas.

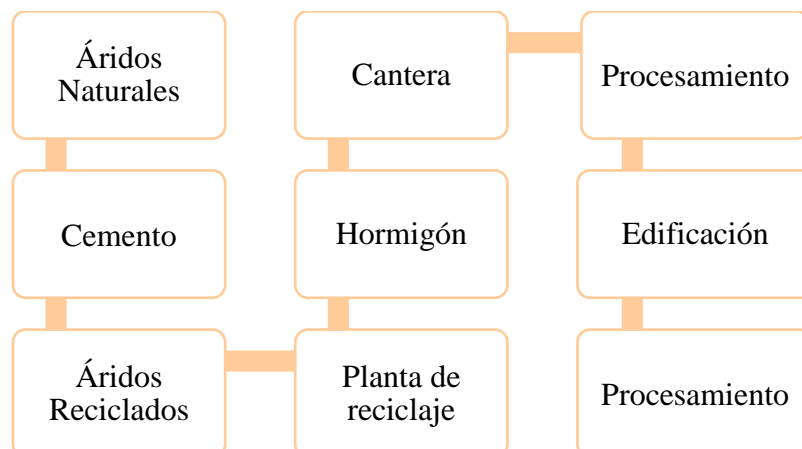
En la Tabla 1 se presenta un resumen de las propiedades de diferentes hormigones livianos, debe hacerse énfasis en que los valores incluidos son típicos, pero no necesariamente limite y son útiles para fines de comparación. Tabla 1. Propiedades típicas de los hormigones livianos

 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA “INDOAMERICA” FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO CARRERA ARQUITECTURA			
PROPIEDADES DE LOS HORMIGONES QUÍMICAS			
Tipo de hormigón	Peso volumétrico del agregado (Kg/m ³)	Densidad concreta en seco (Kg/m ³)	Resistencia a la compresión (MPa)
Hormigón aireado	N/A	750-900	3-6
Hormigón con vermiculita exfoliada	65-130	300-500	2
Hormigón con poliestireno expandido	300-450	1200-1450	7-15
Hormigón con arcilla expandida	350-550	1500-1750	17-25

Tabla N.º 6: Propiedades de los hormigones con agregado liviano
Autor: (Anape, 2015)

2.7.2.1. Estructura.

Es un material artificial, el cual a simple vista consiste de partículas esféricas que pueden obtenerse de tamaños menores a 1 mm hasta mayores a los 6 mm. Poseen una textura suave y un bajo peso debido a su composición de 98% de aire y 2% de poliestireno, (Miled, 2014).



Cuadro N.º 4: Estructural hormigón ligero
Autor: (Bernal, 2016)

Pero la anterior estructura descrita es solamente la que se aprecia a simple vista, la estructura microscópica es mucho más compleja. En el proceso de producción las perlas esféricas al ser expandidas adquieren una microestructura poliédrica, es decir, la perla expandida está formada a su vez por numerosas microestructuras poliédricas cuya unión se asemeja a un panal de abejas.

Entre estas estructuras poliédricas pueden existir canales que permitan la transmisión de aire al interior de la microestructura. La dimensión de estos canales dependerá del grado de fusión alcanzado en el proceso de expansión a los que han sido sometidas las perlas. Estos canales crean un sistema de interconexión al interior de la estructura de la perla, lo que favorece el proceso de moldeo si las perlas van a ser convertidas en productos para el embalaje, productos para el aislamiento o para cualquier otro fin. los 6 mm. Poseen una textura suave y un bajo peso debido a su composición de 98% de aire y 2% de poliestireno (Liu, 2013).


 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA “INDOAMERICA” FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO CARRERA ARQUITECTURA</p>	
SUSTANCIA ACTIVA	ESTABILIDAD
Solución Salina (agua de mar)	Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada
Jabones y Soluciones de Tensioactivos	Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada
Lejías	Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácidos Diluidos	Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácidos Clorhídrico (al 35%), Ácido Nítrico (al 50%).	Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada
Soluciones Alcalinas.	Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada
Aceites de Parafina, Vaselina	Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada
Alcoholes (metanol, Etanol).	No Estable: El EPS se Contrae o Disuelve
Aceite de Diesel	No Estable: El EPS se Contrae o Disuelve
Carburantes	No Estable: El EPS se Contrae o Disuelve
Aceites de Silicona	Relativamente Estable: En una Acción Prolongada, el EPS puede Contraerse

Tabla N. ° 7: Estabilidad del EPS
Autor: (Anape, 2015)

2.7.2.2. Densidad y Tamaño.

La densidad de las perlas es una característica que depende de varios factores presentes durante el proceso de producción, específicamente durante el proceso de pre-expansión. En esta etapa, la cantidad de agente expansivo (pentano), el tiempo de exposición y la temperatura, a las que han sido sometidas las perlas determinan su densidad. Así, una pérdida mínima de agente expansivo y los mayores valores de temperatura y tiempo de exposición (López, 2019), dan como resultado las densidades más bajas.

Este proceso de expansión crea un material con gran cantidad de burbujas de aire o vacíos, lo que da como resultado una estructura en volumen de 98% aire y 2% estireno en las perlas, y consecuentemente densidades entre los 10-35 kg/m³. Perlas con valores inferiores a este rango no son recomendadas pues provocan dificultades en su manipulación y transporte (López, 2019). Es esta baja densidad característica de las perlas de EPS lo que las convierte en una opción de árido ultra - ligero para hormigones.

2.7.2.5. Comportamiento Mecánico.

Debido a la cantidad de productos que se obtienen a partir del moldeo del poliestireno expandido, se ha vuelto de interés conocer su resistencia y comportamiento mecánico ante los distintos esfuerzos a los que pueden estar sometidos los productos fabricados con.

Las resistencias a esfuerzos mecánicos más comúnmente evaluadas son:

- Resistencia a la compresión, para una deformación del 10%.
- Resistencia a la flexión.
- Resistencia a la tracción.
- Resistencia a la cizalladura o esfuerzo cortante.

Sin embargo, dado que el objetivo de este trabajo es evaluar el comportamiento del hormigón sometido a la compresión, este apartado se enfoca en el comportamiento y la resistencia a compresión.

Como se verá más adelante, varias de las propiedades físicas dependen de su densidad, y el comportamiento mecánico no es la excepción. En la siguiente tabla se muestran los valores de resistencia a diferentes esfuerzos, incluyendo la compresión, para cuatro valores diferentes de densidad de las perlas.



Facultad de
Arquitectura
Artes y
Diseño

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
“INDOAMERICA”
FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO
CARRERA ARQUITECTURA

DENSIDAD D (G/CM3)	15	25	40	50
Resistencia a la Tracción (KPa)	200	350	600	750
Resistencia a la Flexión (KPa)	200	400	700	900
Resistencia a la Compresión con una Deformación al 10% (KPa)	90	180	320	400

Tabla N. ° 8: Propiedad Mecánica del EPS
Autor: (Mena, 2017)

2.7.2.6. Comportamiento Ante el Agua.

El comportamiento del EPS frente al agua, en cualquiera de sus estados, es de vital importancia, especialmente si se pretende utilizarlo como árido ligero en el hormigón, donde la cantidad de agua en la mezcla influye directamente en la resistencia de la misma. Así, a pesar de que varios estudios denominan a las perlas de EPS como un árido no absorbente, hay que considerar que estos se refieren a la absorción de agua en estado líquido, es decir el EPS no es higroscópico. Por otro lado, el vapor de agua si puede llegar a atravesar la estructura del EPS bajo ciertas condiciones. Se debe analizar entonces tanto su capacidad de absorción de agua como la capacidad de difusión de vapor (Vincent Sussman, 2015) De acuerdo con datos proporcionados por las perlas de poliestireno expandido bajo inmersión de agua durante 28 días alcanzan una absorción entre el 1-3% en volumen, lo que se considera niveles mínimos de absorción. En sus investigaciones obtuvo valores de absorción en peso, para una inmersión de 7 y 28 días, más bajos que se muestran a continuación (Bernal, 2016).



Facultad de
Arquitectura
Artes y
Diseño

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
“INDOAMERICA”
FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO
CARRERA ARQUITECTURA

DENSIDAD (KG/M3)	AGUA (7 DÍAS)	ABSORBIDA (28 DÍAS)
30	0.358	0.388
25	0.434	0.513
20	0.624	0.699
13	0.917	1.003

Tabla N. ° 9: Propiedad Mecánica del EPS
Autor: (Mena, 2017)

Estos valores mínimos de absorción se dan debido a los canales ubicados entre las paredes de la estructura de las perlas de EPS.

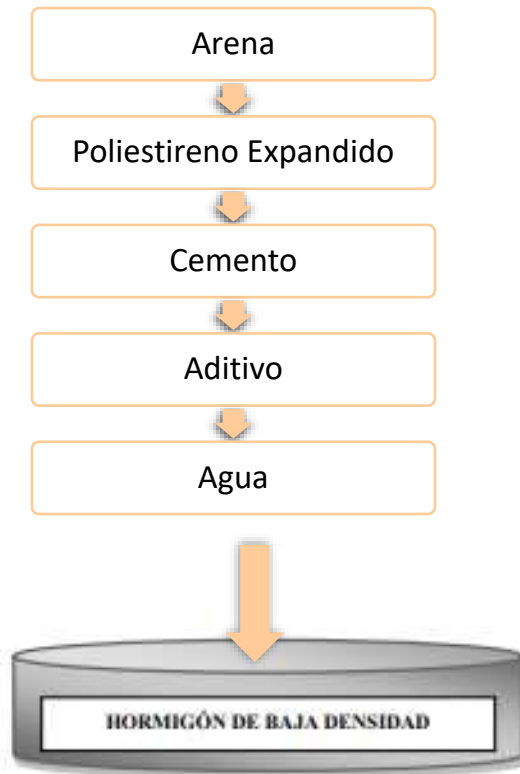
Por otro lado, la difusión de vapor a través de la estructura de EPS si puede ser posible cuando se presenta un gradiente de temperatura entre ambos lados de la estructura (Alvarado, 2014). La capacidad de difusión de vapor se establece mediante el coeficiente de resistencia a la difusión de vapor (μ), el cual representa la relación entre la permeabilidad del aire ($\mu = 1$) y la del material investigado. Materiales más permeables poseen un coeficiente más bajo y viceversa. En el caso del EPS este coeficiente varía entre $\mu = 20$ y $\mu = 100$ (Anape, 2015).

2.7.2.7. Comportamiento Ante el Fuego

Debido al gran uso que recientemente se le ha dado al EPS en la construcción es importante conocer la respuesta de este material ante elementos como el fuego, que pueden llegar a afectar a una edificación.

De acuerdo a (Anape, 2015), el EPS empieza a ablandarse y posteriormente contraerse por efecto de la temperatura a partir de los 100°C para temperaturas de corta duración, si la temperatura continua

subiendo el material se funde, colapsando así su estructura. Alrededor de los 80°C el calor en cualquiera de sus formas no afecta al EPS, incluso si la temperatura se mantiene por varios días y bajo acción de carga. Es por esta razón que la mayoría de investigaciones considera al EPS como un elemento con buena respuesta al fuego (Alvarado, 2015).

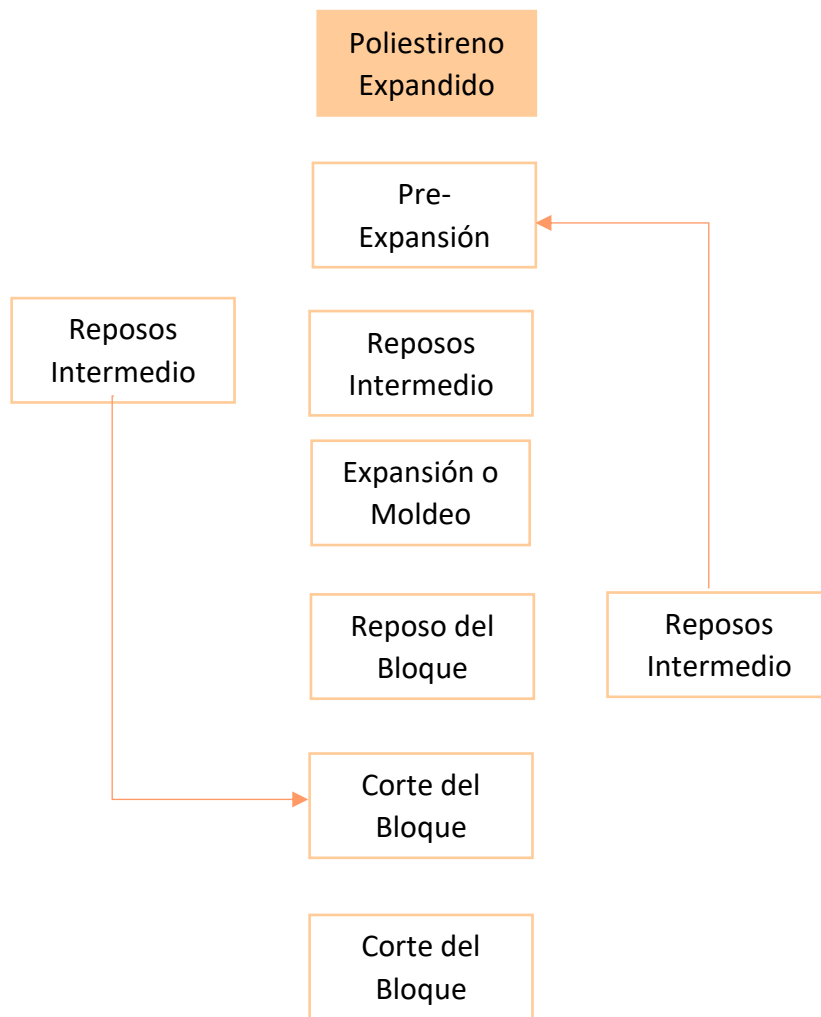


Cuadro N.º 5: Materiales utilizados para la elaboración del hormigón de baja densidad.

Autor: (Bernal, 2016)

Las dudas del comportamiento del EPS frente al fuego surgen debido a la composición química de su materia prima, la cual está compuesta de polímeros de poliestireno, los cuales contienen hidrocarburos, productos inflamables, al igual que su agente expansivo. Pero debido a que al final del proceso de fabricación (reposo) la mayor parte del agente expansivo se ha evaporado dejando una estructura de 98% de aire y 2% de polímero, la influencia de estos agentes inflamables en el EPS es mínima (López, 2019). Además, la respuesta del EPS ante el fuego depende de otros factores físicos como la disponibilidad de oxígeno, la exposición del material, su cohesión con otros materiales y la aplicación o no de elementos ignífugos. Si se toma en cuenta todos estos aspectos la probabilidad de un incendio descontrolado disminuye.

Cuando una edificación se enfrenta ante un incendio, muchas veces lo importante no es controlar el fuego en sí, sino la cantidad de humo producido por el mismo, el cual puede llegar a ser mucho más peligroso debido a la asfixia que provoca. Es así que en la implementación del EPS en la construcción se debe proporcionar el recubrimiento adecuado con el fin de evitar la generación de humo y su propagación, aunque en una edificación la mayor parte del humo proviene de materiales como la madera o los muebles (Bernal, 2016)



Cuadro N.º 6: Diagrama de bloques del proceso fabricación de láminas
Autor: (Bernal, 2016)

2.8. ECONÓMICO

2.8.1. Ahorro de Tiempo.

La reducción de la masa está involucrada en la construcción, en comparación con el concreto tradicional, el tiempo de construcción se puede reducir. Componentes de construcción, tales como pisos, paredes y techos con propiedades de peso ligero pueden ser transportados y manipulados mucho más fácilmente, obteniendo un mejor rendimiento en comparación con el concreto tradicional. Ahorro de costo: Debido a su ligereza, el concreto ligero puede reducir fácilmente el costo de transporte, mano de obra y manipulación.

2.8.2. Ambiental.

El concreto ligero puede reemplazar la madera en la construcción residencial, por lo tanto la deforestación puede ser reducida en gran medida, por otra parte los ingredientes posibles para concretos ligeros son principalmente poliestireno expandido y áridos livianos, los residuos que se generaran después de la vida útil de la construcción serán productos mucho más ecológicos que los del concreto ordinario, ayudara a ahorrar algunas emisiones de CO₂, especialmente durante el transporte de los materiales (Cansario, 2015).

2.9. Ingeniería.

Reducción de la carga muerta: La masa por unidad de fuerza es menor en concreto ligeros. Esto ofrece ventajas significativas en la reducción del peso propio de las estructuras de concreto tales como edificios de gran altura. Sismo/Reacción Terremoto: El concreto ligero es mejor en la absorción de ondas de choques en comparación con el concreto ordinario.


 <p>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA "INDOAMÉRICA" FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO CARRERA ARQUITECTURA</p>		
MATERIAL	DENSIDAD APARENTE KG/M ³	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA W/M C
Hormigón Armado Normal	2400	1.4
Hormigón con Áridos Ligeros	600	0.15
Hormigón con Áridos Ligeros	1000	0.28
Hormigón con Áridos Ligeros	1400	0.47
Hormigón Celular con Árido silíceos	600	0.29
Hormigón Celular con Árido silíceos	100	0.58
Hormigón Celular con Árido silíceos	1400	0.94

Tabla N. ° 10: Estabilidad del EPS
Autor: (Anape, 2015)

El concreto ligero puede absorber fácilmente el impacto de cargas sin dañarse. Aislamiento: (Anape, 2015), con base en las pruebas realizada por Abrams en 1979,

observó que la difusividad térmica del concreto ligero es menor que la del concreto ordinario. A continuación, se entregan valores para elementos de hormigón liviano en base a experimentos realizados en España.

Los valores con una menor conductividad térmica, que permiten una mejor aislación, corresponden a un hormigón de menor densidad y que está compuesto por un árido más liviano que el normal.

2.10. Flexibilidad.

(John, 2018), encontró que el concreto ligero puede ser modificado sin dificultad, es decir con herramientas comunes puede ser utilizadas para la alteración sin perforación previa. El concreto ligero también ofrece una serie de opciones en la fundición in situ, así como de su elaboración en una fábrica, ya que es ligero y se puede manejar fácilmente.

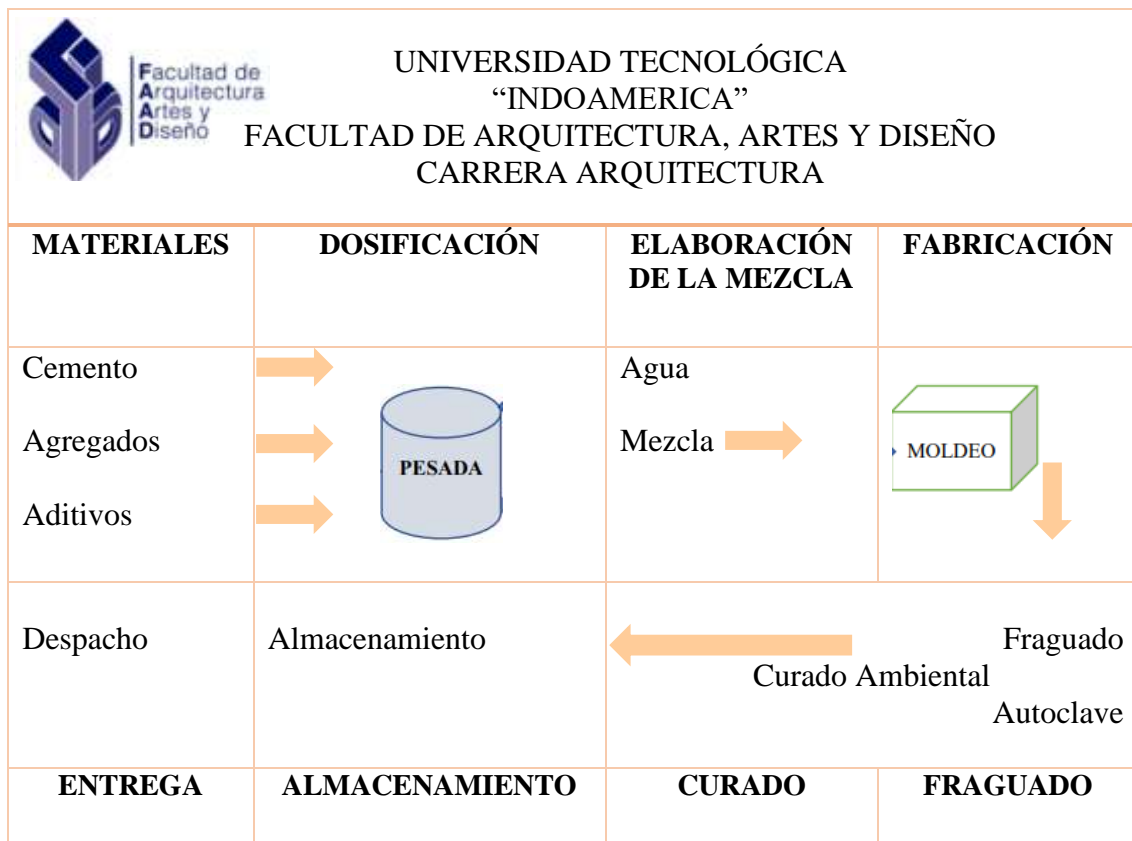
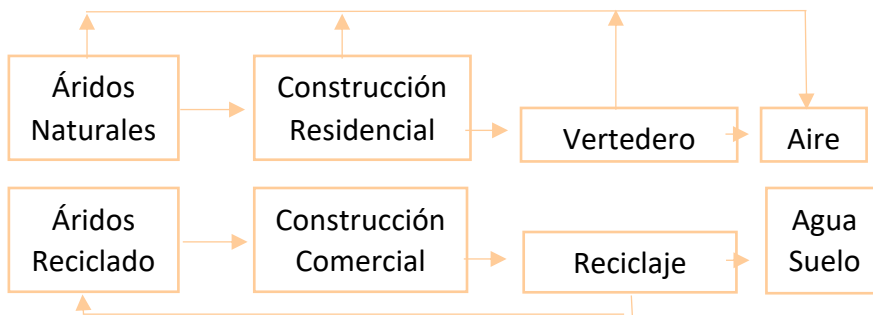


Tabla N.º 11: Flexibilidad y Facilidad.
Autor: (Mena, 2017)

Los métodos de reciclaje del hormigón, para la obtención de los áridos reciclados son básicamente dos. El machaqueo del hormigón en planta fija, y el realizado en planta móvil. Cada método utilizado sigue básicamente los mismos procedimientos; los dos utilizan máquinas que machacan el hormigón, separan los elementos ferrosos y tamizan

el producto machacado. El producto final se puede utilizar en construcciones residenciales, comerciales, en puentes y en carreteras; lo que depende de las características y demanda de los áridos. En la figura 3.19 se presenta un sistema de flujos de los áridos, que muestra características comunes de los áridos naturales y de los reciclados. Las flechas azules representan las pérdidas ambientales que están presentes en todo el proceso.

**SUMINISTRO DEMANDA RESIDUOS PERDIDAS
DISIPATIVAS**



Cuadro N.º 7: Sistema de los flujos de los áridos
Autor: (Goonan, 2018).

2.11. DIAGRAMA DE BLOQUES

Se puede ver de manera gráfica los pasos por los cuales el poliestireno expandido, debe pasar para llegar a ser un producto final en este caso, láminas de poliestireno en varias medidas.

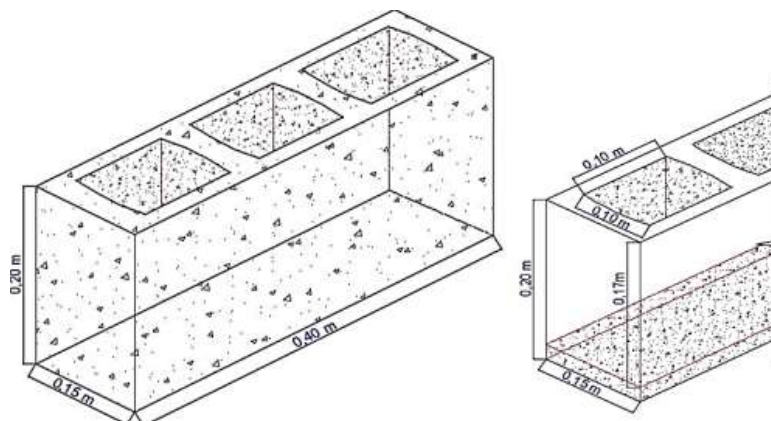


Imagen N.º 23: Dibujo de bloques
Autor: (Palacios, 2017)

2.12. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS

El bloques es un cajón hueco de doble pared, construida con viga de hierro de 100 milímetros, planchas de hierro negro de 6 milímetros, y planchas de aluminio de 3 milímetros, y una capacidad de 2.68 metros cúbicos, con 2 líneas de vapor por cada cara,

siendo la superior una de las caras móviles por donde una vez abierto nos permite llenarlo con el material previamente expandido, misma que se cierra con la ayuda de 6 pernos de hierro sellando de manera hermética, por cada una de las caras ingresa vapor de agua saturado, hasta alcanzar una presión interna de 1 a 2 bar (Argueta, 2015).

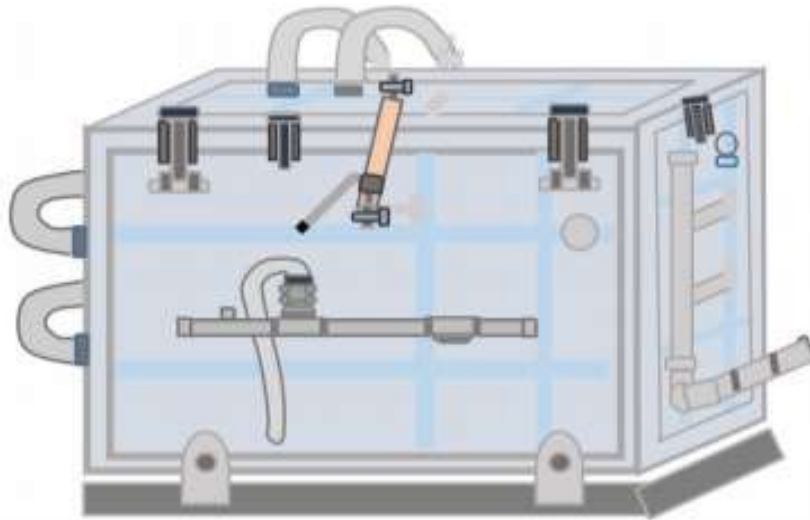


Imagen N. ° 24: Dibujo de bloques
Autor: (Palacios, 2017)

2.12.1. Generador De Vapor: Caldero

Una caldera puede describirse como un generador de vapor o como la combinación de equipos para producir o recuperar calor, junto con aparatos para transferir el calor disponible a un fluido. Este generador de vapor es horizontal de tipo procurar, (es decir que la llama va por el interior de los tubos), con una potencia de 30 hp, consume 120 galones hora, usa como medio calefactor un quemador de diésel, mismo que quema 9 gal/hora de combustible (Argueta, 2015).

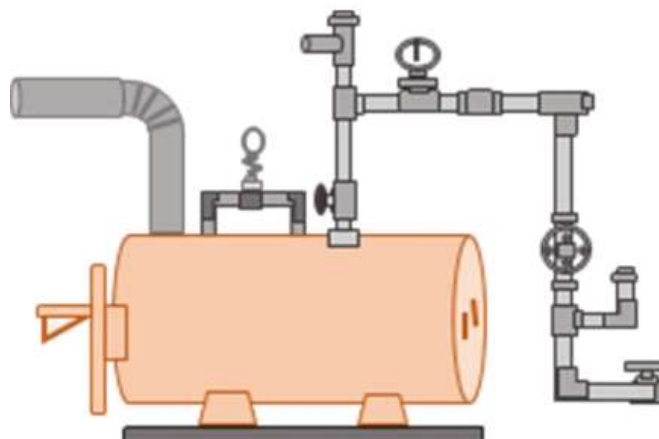


Imagen N. ° 25: Dibujo de Caldero
Autor: (Palacios, 2017)

2.12.2. Pre-Expansor

El Pre-expansor, es un equipo que consta de una parte cilíndrica de 58 centímetros de diámetro, con eje central provisto de aspas que sirven para mantener en movimiento el material mientras es inyectado vapor de agua saturado, las aspas son movidas por un motor eléctrico de 0.5 hp, con una caja reductora de velocidad, lo cual disminuye las revoluciones y aumenta la fuerza del movimiento de las aspas. En la parte inferior se encuentra una toma 0.5 pulgada que es la entrada de vapor de agua (Palacios, 2017).

Todo el ciclo es controlado de manera manual desde un panel de control ubicado junto al cuerpo del equipo. El equipo tiene una capacidad de procesar 12.5 kilogramos por hora, a densidades variables (14 kg/m³ hasta 30 kg/m³) (Palacios, 2017).

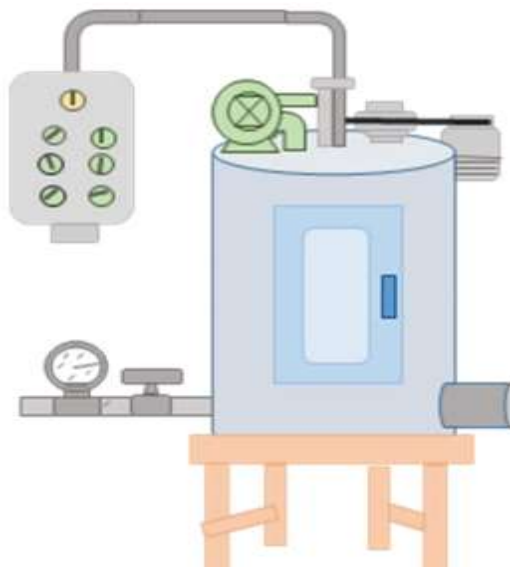


Imagen N. ° 26: Dibujo de Pre-expansor
Autor: (Palacios, 2017)

2.12.3. Secador de Lecho Fluido

Es un equipo mediante el cual se extrae la humedad de las perlas salientes del proceso de pre-expansión, consta de dos cámaras separadas por una malla metálica misma que permite el paso del aire que es generado por un soplador. El contacto del aire con las perlas húmedas hace que la humedad de las perlas pase al flujo de aire relativamente seco, secando de esta manera las perlas (Argueta, 2015).

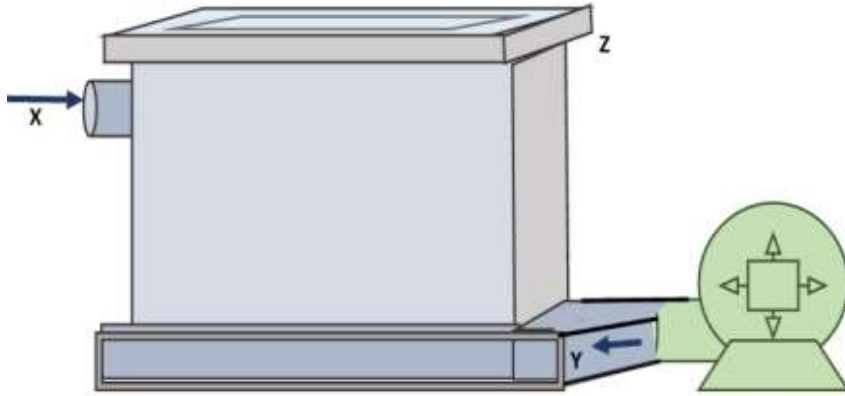


Imagen N. ° 27: Dibujo de Secador de lecho fluido
Autor: (Palacios, 2017)

2.12.4. Silos de Almacenamiento

Luego del proceso de secado, las perlas del poliestireno expandido son transportadas mediante una corriente de aire hasta los silos de reposo los mismos que al estar elaborado en tela, hacen posible la circulación de aire, permitiendo la estabilización del material. Tamaño: 1.2 x 1.2 x 2 metros, Este tiene un volumen de 2.88 metros cúbicos de capacidad (Argueta, 2015).

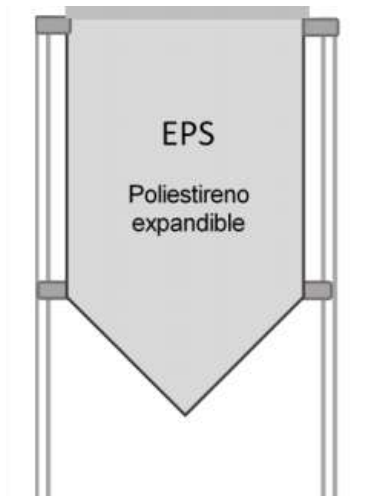


Imagen N. ° 28: Dibujo de un Silo
Autor: (Palacios, 2017)

2.12.5. Cortador de Poliestireno Expandible con Hilo Caliente

Descripción: El cortador con hilo caliente, posee un alambre de níquelina número 27, esto permitirá cortar el bloque ya moldeado, en diferentes medidas. La base tiene las siguientes medidas, 1.20 x 1.90 siendo la superficie de este 2.28 m² (Palacios, 2017).

2.12.6. Proceso de Reciclado Mecánico de Plástico EPS

El proceso de reciclaje del poliestireno expandido es fundamentalmente el mismo para los distintos plásticos. definió el proceso en los siguientes pasos:

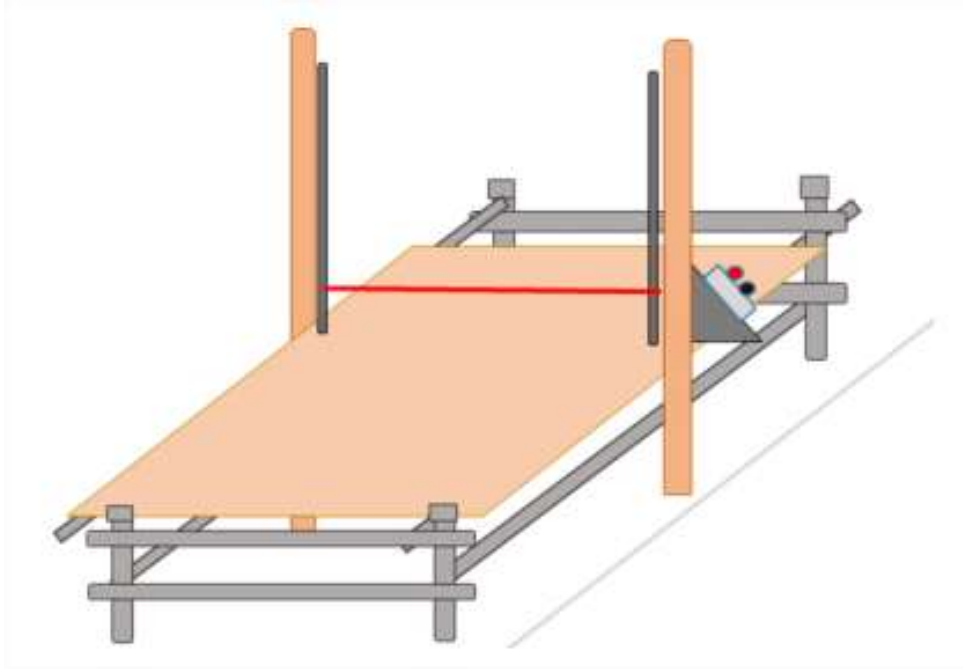


Imagen N. ° 29: Dibujo de un Cortador con hilo caliente
Autor: (Palacios, 2017)

2.13. RECICLAJE DE PLÁSTICO

Las posibles vías de reutilización de los plásticos son de diferente naturaleza, abarcando desde su reciclado directo, incineración con o sin recuperación energética, hasta su transformación en productos más nobles y de mayor valor agregado mediante el reciclaje químico. La selección del procedimiento para el reciclado depende de su composición, legislación medioambiental, precio de las materias vírgenes y estrategias de reciclaje (Ramirez, 2016).

2.13.1. Clasificación de los plásticos que se pueden reciclar.

Los Desechos Plásticos que se pueden reciclar para fabricar el Bloque de Plástico Reciclado y sus códigos de identificación de resinas de plásticos son los siguientes:







NOMBRE	SIGLAS	USOS	CÓDIGO
Polietileno expandido	EPS	Se usa para hacer recipientes para bebidas suaves, jugos, agua, bebidas alcohólicas, aceites comestibles, limpiadores caseros, y otros	 EPS Ilustración 1 Código de reciclaje de plástico EPS
Polietileno	PE	Se usa en films plásticos procedentes de embalajes de golosinas, yerba, jabones, etc.	 Polietileno de baja densidad Polietileno de alta densidad Ilustración 2. Código de reciclaje de plásticos PE (Alta y baja densidad)
Polipropileno biorientado	BOPP	Residuos industriales	 PP Ilustración 3. Código de plástico reciclado BOPP
Policloruro de vinilo	PVC	Se usa en juguetes, tuberías, molduras, tableros para automóviles, etc.	 V Ilustración 4. Código de plástico reciclado PVC

Tabla N. ° 12: Código de identificación de resinas plásticas

Auto: (Ramirez, 2016)

2.14. Referente.

2.14.1. Panel Simple utilizado como EPS



Gráfico N.º 6: Panel Simple.
Autor: (Anape, 2015)

Este manual técnico ha sido hecho con el fin de indicar el modo más adecuado para optimizar el sistema en la obra. Estas páginas permitirán la realización de obras con características normales mediante la utilización de paneles y otros componentes del sistema constructivo (Anape, 2015).

2.14.1.2. Composición del Panel

El elemento básico este compuesto por:

- A. Núcleo central de poliestireno expandido, no tóxico, auto extingible, químicamente inerte y de densidad y morfología variable según el modelo.
- B. Mallas de acero electro soldado, trefilado y galvanizado, colocadas en ambas caras del poliestireno expandido y vinculadas entre sí por conectores del mismo material e iguales características (Anape, 2015).



Gráfico N.º 7: Composición del Panel
Autor: (Abarca, 2018)

2.14.1.3. Clasificación de los Productos

Se describen las diferentes topologías de los paneles Emmedue, los relativos campos de aplicación, sus medidas estándar y los accesorios complementarios Emmedue. Pueden ser realizados paneles de medidas y espesores especiales en base a la exigencia requerida por el cliente. En general se determina el espesor de los paneles de acuerdo con las distintas condiciones de aislamiento térmico requerido y comportamiento estructural. En este último caso, se obtiene un mayor momento de inercia al aumentar la separación de las dos caras de revoque estructural. Mientras lo que respecta al aislamiento térmico del poliestireno, basta decir que un panel de 10 cm. de espesor terminado, con un alma de poliestireno de 4 cm. y densidad 15 Kg/m³, equivale térmicamente a una pared de ladrillos comunes de 64 cm. de espesor (Argueta, 2015).

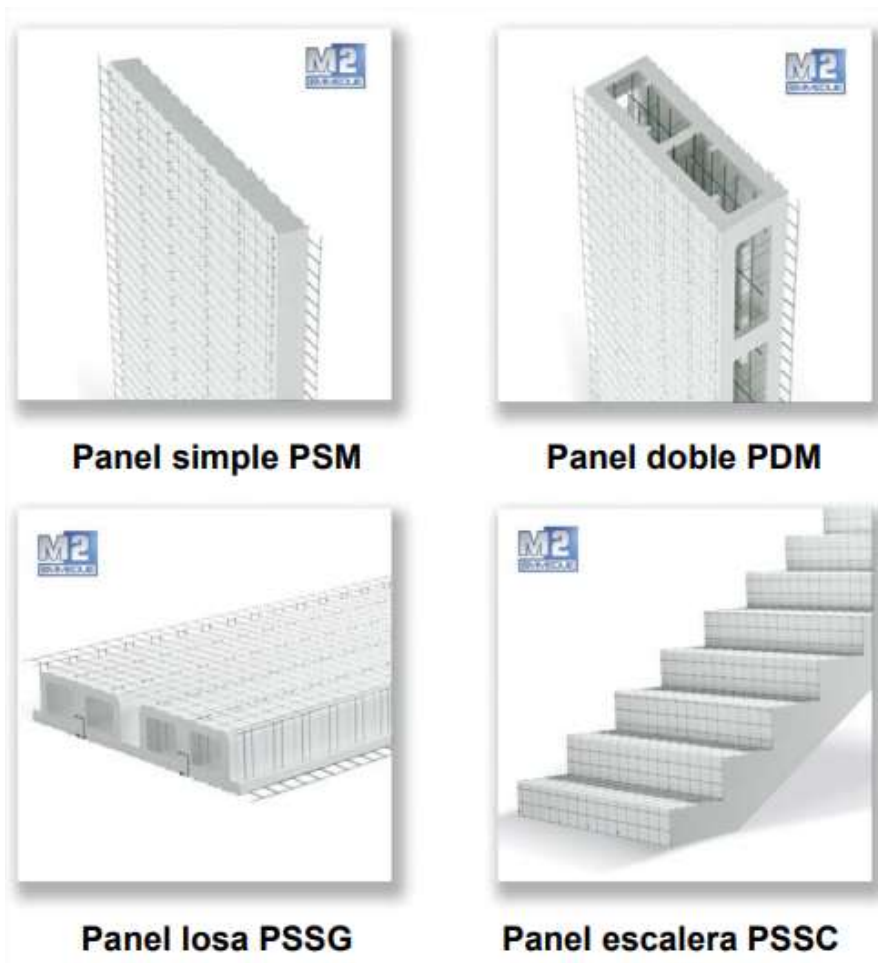


Grafico N. ° 8: Clasificación de los Productos
Autor: (Palacios, 2017)

2.14.1.4. Aplicación del Spritz Beton

El spritz beton debe ser aplicado por medio de las respectivas revocadoras. La laboriosidad del revoque y la energía con la cual se aplica son importantes para obtener un revoque compacto. El espesor máximo de cada capa será aproximadamente 2.5 cm. Se debe evitar revocar paños demasiados grandes. Cemento : 350 Kg Arena : 1.600 Kg Agua : 160 litros Pag. 29 Manual operativo Una vez alineados y aplomados los paneles,

colocadas las mallas de refuerzo, reconstituidas las mallas cortadas por instalaciones (para tener la continuidad de la estructura), colocada la armadura de refuerzo, se pueden iniciar las labores de aplicación del spritz beton donde sea necesario



Gráfico N.º 9: Aplicación del Spritz Beton
Autor: (Palacios, 2017)

2.14.1.5. Muros Realizados realizados con panel doble

En las construcciones que excedan los 4 pisos, los muros de los pisos inferiores podrán ser realizados con paneles dobles y eventual armadura auxiliar. Las fases preliminares son similares a las previstas para los paneles simples PSM a las cuales se remite para obtener todas las indicaciones necesarias (almacenamiento, identificación, conservación, montaje, etc). Los paneles dobles realizan un sistema de encofrados permanentes (con función termo-aislante) en cuyo interior, después de la fijación, el alineamiento y la instalación vertical de los paneles, se proyecta el hormigón (Anape, 2015).



Gráfico N.º 10: Muros realizados
Autor: (Argueta, 2015)

2.14.2. Lexacta, Isotex Proform, Eco-Bloque



Gráfico N. ° 11: Lexacta, Isotex Proform, Eco-Bloque
Autor: (Cansario, 2015)

En torno a sistemas constructivos de interés, EXACTA es una solución que combina albañilería, estructura y aislación en un solo elemento, pudiendo aplicarse en paredes, techos y losas. Básicamente es un encofrado de poliestireno expandido, relleno de hormigón, como un muro portante in situ, quedando el encofrado integrado a la estructura, como una aislación. Es simple de montar en obra, puesto que el encofrado funciona como una verdadera albañilería, de bloques de poliestireno expandido, diseñados para esa función. Su diseño contempla un perfecto ensamble (Cansario, 2015).



Gráfico N. °12: Material de Mescla
Autor: (Cansario, 2015)

El muro resultante con este sistema es de espesor variable: de 125, 187.5, 250, 312.5 y 375 mm sin revestimiento (145, 200, 270, 330 y 390 mm con revestimiento), de alta resistencia estructural, con aislación térmica y acústica incorporada. Una vez relleno de hormigón, el muro es estucado. EXACTA en este caso también dispone una solución especial: un estuco compuesto a base de arena-cemento, y aditivos especiales, más una malla de fibra de vidrio, la cual se estampa entre las dos capas de mortero impidiendo la aparición de fisuras por retracción del cemento, además de aportar resistencia al impacto. Está especialmente diseñado para trabajar sobre superficies de EPS o Neopor



Gráfico N. ° 13: Muros
Autor: (Cansario, 2015)

Dentro de la construcción prefabricada, existen distintos sistemas constructivos basados en poliestireno expandido, en combinación con armaduras y hormigón. En rigor, es semi-prefabricada, porque en parte se construye in situ, aunque de forma mucho más sencilla. Otras soluciones similares son ISOTEX Proform, o Eco-Bloque (Cansario, 2015).

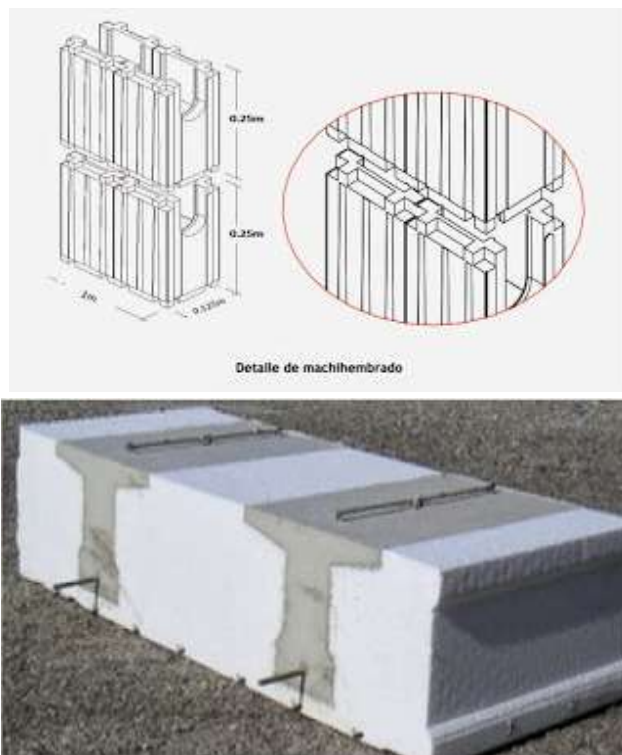


Gráfico N. ° 14: Detalles de Machihembrado
Autor: (Anape, 2015)

2.14.1.2. Forjado de placa alveolar aligerada con poliestireno.

La placa alveolar es un elemento estructural que se usa para forjados, y sus principales ventajas son resistencia y ligereza al compararse a otros sistemas. Al ser moldeable, el Aislapol se convierte a su vez en el molde ideal para dar forma al hormigón, llenando bovedillas e intersticios con exactitud y ductilidad, de acuerdo al requerimiento (Anape, 2015).

2.15. Hipótesis General

“Las propiedades físico-mecánicas del concreto liviano a base de poliestireno expandido para la prefabricación de unidades de albañilería no estructural, cumplen satisfactoriamente las normas técnicas peruanas y ACI vigentes”. Resistencia a compresión de bloques tradicionales. Los porcentajes de partículas en mezcla para la elaboración de bloques y los diferentes resultados de su resistencia a compresión. Influencia del empleo de poliestireno expandido y tusa en bloques y su absorción de agua (Cansario, 2015).

2.16. Ventajas.

Según expresa Las ventajas del hormigón ligero compensan y sobrepasan sus desventajas, y existe una tendencia a nivel mundial a emplear más el hormigón ligero” (Neville, 2017) Las ventajas de un hormigón ligero son múltiples, pero las más comunes entre los mismos, independientemente del árido ligero utilizado se las menciona a continuación.

En general, al usar el hormigón aligerado con perlas de EPS en la construcción, las ventajas que presenta con respecto a un hormigón de peso normal, según (Pasalich, 2016) son las siguientes:

- Al trabajar con elementos prefabricados de hormigón aligerado con EPS, estos son más fáciles de manipular debido a su ligereza.
- Los encofrados soportarán menos peso. o Edificios que se encuentran sujetos a impactos o carga dinámica, generalmente levantados en zonas sísmicas, resultan beneficiados por la capacidad de absorción de energía del hormigón con EPS. O
- Reducción del tamaño de las cimentaciones.

2.17. Desventajas.

Aunque ya se mencionó que las ventajas de un hormigón ligero superan sus desventajas, es necesario conocer los inconvenientes más importantes que puedan provocar pérdida de interés en el uso del hormigón ligero.

En cuanto a materias primas, en general, el hormigón ligero es más costoso que el hormigón de peso normal (30 a 50%), esto se debe principalmente a los áridos utilizados para aligerar el hormigón. En el caso de los áridos ligeros naturales, debido a su poca disponibilidad y en el caso de los áridos ligeros artificiales debido al proceso de producción requerido para su obtención (Cansario, 2015). Es claro que debido a su baja densidad la mayor parte de hormigones ligeros poseen menores resistencias mecánicas que el hormigón de peso normal, a excepción de aquellos hormigones que por un incremento en la cantidad de conglomerante o por cualquier otro

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA

3.1. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1.1. Alcance de la Investigación

El alcance de la presente tesis es del tipo cuantitativo ya que se pueden cuantificar las variables, luego de: identificar, planificar y controlar pudiendo así optimizar los recursos del proyecto. En cuanto al nivel de la investigación es descriptivo, tiene una hipótesis exacta, mencionando paso a paso las ocurrencias de aplicar nuevos materiales como alternativa de uso, estableciendo parámetros y es explicativa, porque se han estudiado los casos enfocados el por qué y el cómo de un fenómeno específico.

Se evaluaron los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto de tesis mediante datos,

De acuerdo a lo antes mencionando, nuestro estudio parte desde los países, en donde se realizó un comparativo de los Sistemas Constructivo de Hormigón aligerado las mismas características, pero de diferente sistema estructural o armazón; poliestireno Expandido y reciclaje, para ambos diseños se emplearon los mismos datos: Materiales, resistencia, densidad conclusión y resultado

3.1.2. Diseño de la investigación

- De acuerdo al tipo de investigación es cuantitativa.
- De acuerdo al nivel de investigación es descriptiva, explicativa y correlacional.
- De acuerdo al diseño de investigación es transversal y no experimental.

3.1.3. Procedimiento de contratación de la hipótesis de investigación

El proyecto de tesis, se centró en determinar la rentabilidad de la utilización de poliestireno Expandido en la construcción de ensayos de dosificación concreto armado siendo de igual o mayor factibilidad.

En el proyecto de tesis: Comparación de diseños estructurales de poliestireno Expandido con edificaciones de concreto armado para determinar el ensayo más rentable en la construcción, se comparó la resistencia y el diseño con el de concreto armado, analizando el comportamiento de los materiales, se calculó las dimensiones de los elementos estructurales, se realizó la estructura de costos y el cronograma de ejecución de obra, para ambos diseños, a fin de proponer el diseño más rentable.

A continuación, se lista la metodología seguida para el desarrollo de la presente tesis, la cual consta de cinco etapas:

3.1.3.1. Recursos Materiales:

- ✓ Agregados finos (arena) de río, para concreto.
- ✓ Cemento
- ✓ Agua
- ✓ Perlitas de Poliestireno.
- ✓ Gas para cocina.
- ✓ Aceite, como antiadherente, para ayudar el desencofrado de los cilindros.
- ✓ Cal para agua de curado.

3.1.3.2. Maquinaria Utilizada:

- ✓ Máquina Universal para Compresión.
- ✓ Movilidad para el transporte de los agregados y otros equipos, materiales.

3.1.3.3. Equipo Utilizado:

- ✓ Mezcladora para concreto (tipo trompo), carretillas.
- ✓ Balanzas, tamices, horno, cepillo, brocha, taras (depósitos de diferentes tamaños de aluminio y plástico), charolas.
- ✓ Tanque contenedor de agua para ensayo de peso específico del agregado grueso (peso sumergido).
- ✓ Moldes metálicos de medidas estándar, varilla de acero, placa de vidrio, espátula, cucharón, badilejo, combo o mazo de goma, cono de Abrams.
- ✓ Computadora, cámara fotográfica.
- ✓ Deformímetro (micrómetro), termómetro.
- ✓ Cono y pisón para arena, fiola de 500 ml, probeta graduada, canastillas o cestas de alambre.
- ✓ Guantes, franelas, plásticos, sacos (costales), bolsas, baldes, latas.

- ✓ Tanque de curado para especímenes de concreto.
- ✓ Cronómetro o reloj.

3.1.3.4. Herramientas Utilizadas:

- Palana (pala), pico, martillo, combo, cincel, wincha, regla, alicate.

3.1.3.5. Matriz de Consistencia de la Presente Investigación

Mostraremos la Matriz de Consistencia de la presente investigación, con el fin de observar la coherencia y conexión lógica entre el título, el problema, los objetivos, las hipótesis, las variables, el tipo, método, diseño de investigación la población y la muestra de estudio. Luego se determinarán y desarrollará cada uno de los parámetros (Pérez, 2017).

3.1.3.6. Condiciones de laboratorio

Las pruebas a los componentes del concreto, elaboración de las mezclas y las pruebas al concreto en estado fresco y endurecido se realizarán en el Laboratorio de Ensayo de Materiales.

3.2 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En respuesta a la técnica utilizada, el instrumento aplicado fue una plantilla de observación, la cual contiene datos referentes a:

- El tipo de mezcla y/o dosificación para el diseño de los bloques. conteniendo los siguientes datos: número de mezcla, tipo de material, cantidad de material y resultados obtenidos.

Además, se utilizó los siguientes instrumentos para la recolección de datos:

- Cámara fotográfica. - La cual nos permitió guardar las imágenes y un video de las actividades relevantes en el trabajo de investigación.
- Ensayos de laboratorio. - Mismos que arrojan toda la información técnica de cada uno de los bloques, necesaria para poder realizar nuestras comparaciones y conclusiones sobre el tema de investigación.
- Computador y/o portátil.
- Cuaderno de anotaciones

3.2.1. Plantilla de Observación (Dosificaciones)



Facultad de
Arquitectura
Artes y
Diseño

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
"INDOAMERICA"
FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO
CARRERA ARQUITECTURA

NUMERO DE MEZCLA	MATERIAL	CANTIDAD	PESO
	Poliestireno		
	Agua		
	Cemento		
	Arena (Polvo Azul)		
	Aditivo		
	Cascajo		

Tabla N. ° 14: Plantilla de Observación (Dosificaciones)

Fuente: Elaboración Propia (2020)

En la tabla N°14. Se obtiene los resultados de diseño de mezcla para la muestra estándar y las muestras con adiciones de poliestireno expandido.

3.2.2. Plantilla de Observación (Ensayo de Compresión)



Facultad de
Arquitectura
Artes y
Diseño

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
"INDOAMERICA"
FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO
CARRERA ARQUITECTURA

NO	FECHA FABRICA	DESCRIPCIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD (DÍAS)	LARGO (CM)	ANCHO (CM)	CARGA ROTURA (TON)	ESFUERZO ROTURA (KG/CM2)	(MPA)

Tabla N. ° 15: Plantilla de Observación (Ensayo de Compresión)

Fuente: Elaboración Propia (2020)

En la tabla N°15. Se presentan los resultados de los ensayos a compresión de los cilindros con los porcentajes teniendo en cuenta cada dimensión de la carga y esfuerzo

3.2.3. Plantilla de observación (Ensayo de compresión)



Facultad de
Arquitectura
Artes y
Diseño

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
“INDOAMERICA”
FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO
CARRERA ARQUITECTURA

NO	DESCRIPCIÓN	PESO (GR)

Tabla N. ° 16: Plantilla de observación (ensayo de compresión)
Fuente: Elaboración Propia (2020)

En la tabla N°16. Se Puede evidenciar el valor del peso específico del porcentaje del valor el mismo que está dentro de los lineamientos de Norma ASTM C 128 por lo que el material puede ser participe en la fabricación del hormigón; de la misma forma la capacidad de absorción, cumpliendo con lo mencionado en la norma.

3.2.4. Plantilla de Observación (Ensayo de Compresión)



Facultad de
Arquitectura
Artes y
Diseño

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
“INDOAMERICA”
FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO
CARRERA ARQUITECTURA

PROBETA NO.	1	2	3	4
IDENTIFICACIÓN	SIN POLIESTIRENO		CON POLIESTIRENO	
Fecha de Fabricación				
Fecha de Ensayo				
Edad (días)				
Altura (mm)				
Largo (mm)				
Ancho (mm)				
Volumen (mm ³)				
Masa (gr)				
Peso unitario (gr/cm ²) carga (kn)				
Resistencia (mpa)				

Tabla N. ° 17: Plantilla de observación (ensayo de compresión)
Fuente: Elaboración Propia (2020)

En la tabla N°17. Se obtiene los fechas de fabricación de los ensayos teniendo en cuenta la Normativa ASTM C 118, así podemos sacar el peso y su carga

3.2.5. Resultados obtenidos de los ensayos a compresión de los bloques con poliestireno alivianado

En la tabla N°18: Se muestra la resistencia que deben tener los bloques a la edad y los días para mampuestos y alivianamientos. Ahora bien, los ensayos se los realiza en edad y promedio teniendo una relación de resistencia según la Norma INEN 640, para así poder sacar el promedio de la investigación.

				
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA “INDOAMERICA” FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO CARRERA ARQUITECTURA				
NO.	MUESTRA	EDAD (DÍAS)	PESO (GR)	RESISTENCIA (MPA)
		PROMEDIO		

Tabla N. ° 18: Resultados obtenidos de los ensayos a compresión de los bloques con poliestireno alivianado
Fuente: Elaboración Propia (2020)

3.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DOSIFICACIÓN

3.3.1. Arena.

La cantidad de arena se determina por medio de las siguientes formulas:

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Cantidad de Cemento}}{\text{Gbs cemento} * Y_w}$$

Se suman todos estos valores y se obtiene el volumen bruto de arena

3.3.2. Agua

La cantidad de Agua se determina por medio de las siguientes formulas:

$$\text{Agua} = \frac{\text{Cantidad de agua} \frac{\text{Its}}{\text{m}^3}}{Y_w}$$

3.3.3. Piedra.

Diseño de mezcla sin corrección de agua

$$\text{Piedra} = \frac{\text{Peso piedra}}{\text{Gbs piedra} * Y_w}$$

3.3.4. Volumen Bruto.

Con el volumen bruto, se puede establecer el peso de la arena

$$Vb = (\text{cemento} + \text{agua} + \text{piedra} + \text{vacío})$$

$$\text{Peso Arena} = Gbs * Vb * Yw$$

3.3.5. Piedra con Correccion de Agua.

$$=(\text{Peso Piedra} * \% \text{ de gua aportada por arena}) + \text{Peso Piedra}$$

3.3.6. Arena con Correccion de Agua.

$$=(\text{Peso Arena} * \% \text{ de gua aportada por arena}) + \text{Peso Arena}$$

3.3.7. Porcentaje Aportado de Piedra.

- Con esta información ya se tiene el diseño de mezcla de concreto convencional, conocida como mezcla patrón con la corrección de agua.
- Diseño de mezcla con corrección de agua

$$\% \text{ de Piedra Aportada} = \text{Humedad} (\%) - \text{Absorción} (\%)$$

$$\% \text{ de Agua aportada por Piedra} = \frac{\% \text{ de Arena Aportada} * \text{peso Arena} (Kg)}{100}$$

3.3.8. Porcentaje Aportado de Arena.

$$\% \text{ de Arena Aportada} = \text{Humedad} (\%) - \text{Absorción} (\%)$$

$$\% \text{ de Agua aportada por Arena} = \frac{\% \text{ de Arena Aportada} * \text{peso Arena} (Kg)}{100}$$

3.3.9. Agregado Grueso.

- Densidad aparente seca (Gg) =
- Tamaño máximo nominal (TMN) =
- Porcentaje de absorción (%ABSg) =
- Masa unitaria suelta (MUSg) =

3.3.10. Agregado Fino.

- Densidad aparente seca (Gg) =
- Módulo de finura (MF) =

- Porcentaje de absorción (%ABSg) =
- Masa unitaria suelta (MUSg) =
- Agregado fino =
- Agregado grueso =

3.3.11. Cemento.

- Densidad (Gc) =
- Masa unitaria suelta (MUSc) =

3.3.12. Contenido de Cemento.

- $C = A / C \rightarrow C = 175 / 0,55 \rightarrow C = 318 \text{ Kg/m}^3$
- C= cemento
- A= agua
- A/C= relación agua – cemento

3.4. COSTOS DE ELABORACIÓN DE LOS BLOQUES ANALIZADOS

Los costos obtenidos para la elaboración de los bloques de concreto tradicional y con poliestireno alivianado, donde consta los rubros utilizados para la elaboración y el análisis de precios unitarios.

3.4.1. Materiales

Para la elaboración de estos bloques se utilizará materiales pétreos de las canteras de la Mitad del mundo (cascajo, polvo azul-arena), cemento, agua; los cuales se analizarán y se obtendrá el respectivo diseño de mezcla en el laboratorio de la ESPE. Anexo 3 de esta investigación y el poliestireno mediano granulado EPS de densidad aproximada 13 kg/m³.

3.4.2. Presentación de resultados

En los dos capítulos siguientes llegaron a demostrar que el poliestireno es una buena alternativa constructiva por medio de los resultados obtenidos, así como también observaron que se aligera el peso de los alivianamientos en losas por el análisis de cargas realizado y llegando a cumplir en su mayoría los objetivos planteados en esta investigación práctica.

3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.5.1. Población

Para esta investigación se ha tomado como población la cantidad de 35 bloques de los cuales 14 se ensayaron en el laboratorio a compresión para obtener tanto su resistencia como su peso y 21 bloques se utilizaron para analizar únicamente el peso, que incluye tanto los bloques elaborados con poliestireno como los tradicionales.

Este tipo de población se considera finita. La población finita según Ramírez, T (1999), “Es aquella cuyos elementos en su totalidad son identificables por el investigador, desde el punto de vista del conocimiento que se tiene sobre la cantidad total, es decir cuando el investigador cuenta con el registro de todos los elementos que conforman la investigación en estudio”

3.5.2. Tipo y Diseño de la investigación

En el presente trabajo, determinaron que la investigación es de tipo experimental-proyectiva, porque ésta, se ha basado en en la determinación experimental de una dosificación óptima de Concreto Ligero a base de Poliestireno Expandido, estudiando las propiedades de estas dosificaciones tanto en estado fresco como en estado endurecido, para posteriormente una vez determinada la dosificación óptima proceder a elaborar los bloques de Concreto Ligero a base de Poliestireno Expandido y estudiar sus características físicas y mecánicas, todo esto, con la finalidad de comprobar si los bloques de Concreto ligero a base poliestireno expandido cumplen con los requisitos mínimos establecidos por la Normas Técnica, para ser usados como unidades de albañilería no estructural.

La investigación es del tipo proyectiva porque se orientó a elaborar una propuesta en el uso de los bloques de Concreto de Concreto Ligero a base de Poliestireno Expandido como unidad de albañilería no estructural.

3.5.2. Tipo y Diseño de la investigación

En la técnicas de recolección de datos seleccionaron con las características de la población, en este caso optaron por la tecnica de observación directa la cual consistió en observar atentamente el fenómeno hecho o caso estudiado, tomaron la información y la registraron para su posterior análisis, para lo cual el investigador se apoyo en sus sentidos, para estar al pendiente de los sucesos y analizar los eventos ocurrentes en una visión global, en todo un contexto natural.

3.5.4. Instrumento DE Recolección de Datos

En respuesta a la técnica utilizada, el instrumento aplicado fue una planilla de observación, la cual contiene datos referentes a:

- El tipo de mezcla que se resultó factible, es decir; la dosificación óptima para el diseño de los bloques. Esta lista contiene los siguientes datos: número de mezcla, tipo y materiales usados, cantidad de material y resultados obtenidos de las mezclas tanto en estado fresco y endurecido.
- Las resistencias obtenidas para cada cubo y bloque de Concreto Ligeró a base de Poliestireno Expandido, el tiempo de curado en días, la fecha de ensayo, la altura, peso y la carga de ruptura (Rivera, 2015).


 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA "INDOAMERICA" FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO CARRERA ARQUITECTURA		
GRUPO	TEXTURA SUPERFICIAL	CARACTERÍSTICAS
1	Vítrea	Fractura coloidal.
2	Lisa	Desgastada por el agua
3	Granular	Más o menos uniformemente redondeados.
4	Áspera	Contiene partículas cristalinas no fácilmente visibles.
5	Cristalina	Contiene partículas cristalinas visibles.
6	Apanalada	Con poros y cavidades visibles.

Tabla N. ° 19: Instrumento de Recolección de Datos
Autor: (Rivera, 2015)

3.5.5. Tratamiento, Análisis de datos y Presentación de Resultados

Para esta etapa de la investigación, el tratamiento y análisis de los datos se realizó haciendo uso tanto de la estadística descriptiva, así como de la estadística inferencial.

Aunque hay tendencia a generalizar a toda la población, las primeras conclusiones obtenidas tras un análisis descriptivo, es un estudio calculando una serie de medidas de tendencia central, para ver en qué medida los datos se agrupan o dispersan en torno a un valor central.

La segunda, ya que comprende los métodos y procedimientos que por medio de la inducción determina propiedades de una población estadística, a partir de una pequeña parte de la misma (muestra).


 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA “INDOAMERICA” FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO CARRERA ARQUITECTURA</p>	
CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Redondeado frotamiento	Totalmente desgastada.
Irregular	Irregular natural.
Angular	Posee caras bien definidas.
Escamosa	El espesor es pequeño (laminar).
Elongada	Longitud considerablemente mayor (Mat. Normalmente angular).
Escamosa y elongada	Longitud mayor que el ancho y éste mayor que el espesor.

Tabla N. ° 20: Tratamiento, Análisis de datos
Autor: (Rivera, 2015)

La presentación de resultados se hará haciendo uso de Tablas, Gráficos y Porcentajes; de los cuales se sacarán algunos comentarios en función de los objetivos e hipótesis planteadas.

Para el desarrollo del proceso indicado anteriormente, se hará uso de un software o programa computacional adecuado. Se trabaja con Microsoft Office Excel 2020

3.6. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

3.6.1. Cemento

El cemento que utilizaron para el estudio fue un cemento melón especial, producto certificado que cumple con las exigencias de la normativa. El que cual presenta alta resistencia a temprana edad, la misma que implica una buena reducción de tiempo, en el desarrollo de este trabajo. Según recomendación del fabricante, se pide manipular el cemento en ambientes ventilados, para evitar la inhalación del producto (Rivera, 2015).

Se debe cubrir el cuerpo con ropa de trabajo, guantes y anteojos de seguridad. Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se debe proteger del aire húmedo. Se debe guardar en bodegas ventiladas y secas, aisladas del suelo y separado de los muros.

3.6.1. Áridos

Se utilizó arena gruesa y gravilla de $\frac{3}{4}$ chancada, facilitada por áridos, limpia de impurezas de materia orgánica. El material fue analizado para obtener su banda, porcentaje de humedad, masa específica aparente, masa unitaria y su curva granulométrica, según exigencias de la normativa vigente

3.6.2. Agua

El agua debe cumplir con las condiciones básicas, las mismas requeridas para la construcción de cualquier tipo de hormigón, por ejemplo, no debe presentar materia orgánica o presencia de sustancias químicas dañinas, que produzcan oxidación en la armadura u segregación de los áridos, por ejemplo, las sales o azúcares. En la construcción de la mezcla se emplea agua potable, ya que el agua de la red pública cumple con los requisitos de PH, dureza, sólidos en suspensión, materia orgánica exigidas para el trabajo en hormigón.

3.6.3. Aditivos

Se utiliza adictivos con el fin de adelantar el inicio de fraguado y aceleran el endurecimiento, permitiendo la obtención de resistencias más altas a edades tempranas. Los aceleradores producen un aumento de la resistencia inicial del hormigón.

3.6.4. Poliestireno expandido

Para este estudio el poliestireno fue recolectado en cajas que luego son eliminadas en vertederos de la zona, provocando contaminación del medio ambiente. Es importante reciclar estos desechos ya que debido a la gran cantidad.



Facultad de
Arquitectura
Artes y
Diseño

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
"INDOAMERICA"
FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO
CARRERA ARQUITECTURA

TAMIZ	GRUPO C	GRUPO M	GRUPO F
3/8"	100	100	100
N° 4	95 - 100	85 - 100	89 - 100
N° 5	80 - 100	65 - 100	80 - 100
N° 16	50 - 85	45 - 100	70 - 100
N° 30	25 - 80	25 - 80	55 - 100
N° 50	25 - 80	25 - 80	50- 70
N° 100	25 - 80	25 - 80	0 - 12

Tabla N. ° 21: Arenas Gruesas, intermedias, finas
Fuente: (Rivera, 2015)

- El Grupo C, corresponde a arenas gruesas.
- El Grupo M, corresponde a arenas intermedias.
- El Grupo F, corresponde a arenas finas.

Podrán ser reducidos a 5 % y 0 % en las mallas N° 50 y N° 100 respectivamente, si es empleado en concretos con aire incorporado y contenido de cemento mayor de 255 kg/m³, o un concreto sin aire incorporado y contenido de cemento mayor de 300 kg/cm³; o si se emplea una adición puzolánica para suplir las deficiencias en las mallas indicadas. En este caso se considerará como concreto con aire incorporado a aquel que contiene


 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA “INDOAMERICA” FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO CARRERA ARQUITECTURA	
ITEM	MODULO DE FINURA
Arena A	2,71
Arena B	2,65
Arena C	2,47

Tabla N. ° 22: Tipo de Arena
Fuente: (Rivera, 2015)

- **Arena A:** Arena utilizada para la elaboración de Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido con densidad de 1200 kg/m³.
- **Arena B:** Arena utilizada para la elaboración de Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido con densidad de 1400 kg/m³.

- **Arena C:** Arena utilizada para la elaboración de Concreto Ligeró a base de Poliestireno expandido con densidad de 1600 kg/m³.



Imagen N. ° 30: Tamizador
Fuente: (Alvarado, 2014)

3.6.5. Material más fino que pasa el tamiz N° 200 (NTP 400.018/ASTM C117)

El suelo fino (material que pasa el tamiz No. 200- 74µm) puede estar presente como polvo o puede estar recubriendo las partículas del agregado, aun cuando delgadas capas de limo o arcilla cubran las partículas, puede haber peligro porque debilitan la adherencia entre la pasta de cemento y las partículas del agregado, perjudicando la resistencia y la durabilidad de las mezclas (Rivera, 2015).

Según la norma ASTM C117, establece que la Normas INEN



Facultad de
Arquitectura
Artes y
Diseño

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
“INDOAMERICA”
FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO
CARRERA ARQUITECTURA

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	MASA MÍNIMA, G
4.75 mm (N° 4) o menor	300
9.5 mm (3/8")	1000
19.0 mm (3/4")	2500
37.5 mm (1 1/2") o mayor	5000

Tabla N. ° 23: Material más fino que pasa el tamiz

Fuente: (Rivera, 2015)

1. Prepare una muestra húmeda mezclándola, y reduciéndola, con un separador o por el método de cuarteo. La muestra de prueba mínima después de secarse hasta lograr un peso constante,
2. Coloque la muestra en un contenedor de un tamaño suficiente para permitir recubrir la muestra con agua, y que se pueda agitar vigorosamente sin pérdida.
3. Agite la muestra con suficiente energía para que resulte una separación completa de todas las partículas más finas que la malla N° 200 de las partículas gruesas, hasta que los finos queden en suspensión.
4. Vierta inmediatamente el agua de lavado que contiene los sólidos suspendidos sobre los tamices acoplados, con el N° 16 en la parte superior y el N° 200 en la parte inferior.
5. Agregue una segunda carga de agua al espécimen en el contenedor, y repita las operaciones de agitación y decantación. Repita esto hasta que el agua esté clara.
6. Devuelva todo el material retenido en el juego de tamices echándolo en la muestra lavada.
7. Seque el agregado lavado hasta obtener un peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C, y péselo con aproximación al 0.1 % del peso de la muestra de prueba.
8. Calcule A, el porcentaje que pasa la malla N° 200, a una aproximación de 0.1 % como sigue (Rivera, 2015).

$$A = 100 \times$$

$$\frac{B - C}{B}$$

Donde:

- B = peso seco original de la muestra, g.
- C = peso seco de la muestra después del lavado, g.
- Se acostumbra limitarlos entre el 3% al 5%, aunque valores superiores hasta del orden del 7% no necesariamente causarán un efecto pernicioso notable que no

pueda contrarrestarse mejorando el diseño de mezclas, bajando la relación a/c y/u optimizando granulometría. (Carbajal, 2018).


	
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA “INDOAMERICA” FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO CARRERA ARQUITECTURA	
ITEM	PROMEDIO
Arena A	4.72%
Arena B	4.66%
Arena C	4.57%

Tabla N. ° 24: Porcentaje de Arena
Fuente: (Rivera, 2015)

- Arena A: Arena utilizada para la elaboración de Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido con densidad de 1200 kg/m³.
- Arena B: Arena utilizada para la elaboración de Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido con densidad de 1400 kg/m³.
- Arena C: Arena utilizada para la elaboración de Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido.



Imagen N. ° 31: Malla Utilizadas en el proceso de tamizado del EPS triturador y equipado ROTAP perteneciente al CICY

Fuente: (Alvarado, 2014)

3.6.6. Peso específico y absorción

La capacidad de absorción de un agregado está dada por la cantidad de agua que él necesita para pasar del estado seco (S) al estado saturado superficialmente seco (SSS). Normalmente se expresa en porcentaje. (Riveva,2015) Según la Normas INEN C128, peso específico de la masa y absorción del agregado fino, establece: (Instituto Cemento y del Concreto, 2014)

1. Seleccione, mediante separación o por cuarteo, aproximadamente 1000 g de agregado fino tomado de la muestra.
2. Seque la muestra en un recipiente apropiado hasta obtener un peso constante a una temperatura de 100 °C a 110 °C.
3. Permita que la muestra se enfríe, cúbrala con agua, y déjela que repose durante 24 ± 4 horas.
4. Decante el exceso de agua. Después, extienda la muestra en una superficie plana expuesta a circulación de aire caliente para asegurar el secado uniforme. Continúe hasta que el espécimen este en una condición de flujo libre.
5. Para verificar su sequedad, coloque una porción de la muestra en un molde cónico, mantenido firmemente sobre una superficie lisa no absorbente, verticalmente (Rivera, 2015).


	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA “INDOAMERICA” FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO CARRERA ARQUITECTURA			
	CUADRO RESUMEN			
ITEM	UNIDAD	ARENA A	ARENA B	ARENA C
Peso específico de masa seca (gravedad específica) (ss)	gr/cm ³	2.580	2.580	2.591
Peso específico de masa (gravedad específica) (sss)	gr/cm ³	2.613	2.615	2.626
Peso específico aparente (gravedad específica aparente)	gr/cm ³	2.669	2.675	2.685
Absorción	%	1.304	1.379	1.358

Tabla N. ° 25: Peso Específico y Absorción

Fuente: (Rivera, 2015)

Los resultados se presentan en la siguiente tabla 18. Continúe secándolo al mismo tiempo que lo revuelve, y haga pruebas a intervalos frecuentes hasta que el agregado fino apisonado se desplome ligeramente al quitar el molde.



Imagen N. ° 32: Mesa de fluidez
Fuente: (Alvarado, 2014)

3.6.7. Contenido de humedad (NTP 339.185/ASTM C566)

Es la cantidad total de agua que un agregado tiene y se determina por la diferencia entre su peso (H) y su peso seco (S): (López, 2016) Según la norma ASTM C566, sobre contenido total de humedad del agregado por medio de secado, establece:

1. Seleccione una muestra representativa del agregado por separación o por medio de cuarteo, de no menos de los siguientes pesos:
2. Pese la muestra húmeda con precisión del 0.1 %.
3. Seque completamente la muestra hasta obtener un peso constante. Si se usa un horno ventilado, la temperatura debe ser de $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. Si se usa un platillo caliente o una lámpara calorífica, se debe agitar la
4. Deje que la muestra seca se enfríe y pésela con aproximación de 0.1 %. 5. Calcule P, el contenido total de humedad (%) de la sigue tabla 26:



Facultad de
Arquitectura
Artes y
Diseño

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
“INDOAMERICA”
FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO
CARRERA ARQUITECTURA

TMN del agregado, mm (pulg.)	Peso mínimo de la muestra de prueba, kg
4.75 (0.187)	
(N° 4)	
9.5 (3/8)	
12.5 (1/2)	
19.0 (3/4)	
25.0 (1)	
37.5 (1 ½)	
50 (2)	
63 (2 ½)	
75 (3)	
90 (3 ½)	
100 (4)	
150 (6)	

Tabla N. ° 26: Contenido de humedad del Agregado
Fuente: (Rivera, 2015)

$$P = (W - D) D$$

Donde:

- W = peso de la muestra húmeda original, g.
- D = peso de la muestra seca, g.

 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA “INDOAMERICA” FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO CARRERA ARQUITECTURA	
ITEM	CONTENIDO DE HUMEDAD 9(P)
ARENA A	2.00%
ARENA B	3.00%
ARENA C	2.50%

Tabla N. ° 27: Contenido de humedad de Arena
Fuente: (Rivera, 2015)

Arena A: Arena utilizada para la elaboración de Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido con densidad de 1200 kg/m³.

Arena B: Arena utilizada para la elaboración de Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido con densidad de 1400 kg/m³.

Arena C: Arena utilizada para la elaboración de Concreto Liger a base de Poliestireno expandido con densidad de 1600 kg/m³.

3.6.8. Peso unitario (NTP 400.017/ASTM C29)

Se denomina peso volumétrico o peso unitario del agregado, ya sea suelto o compactado, el peso que alcanza un determinado volumen unitario. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y en el caso de dosificarse el concreto por volumen. El peso unitario varía con el contenido de humedad. (López, 2016)

El valor obtenido, es el que se emplea en algunos métodos de diseño de mezclas para estimar las proporciones y también para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen. La mejor recomendación para reducir el error de conversión, es hacer por lo menos 5 determinaciones de peso unitario suelto en porciones de muestras de agregados que representen varios niveles de las pilas de almacenaje para reflejar las probables variaciones por segregación. (Pasquel Carbajal, 2018)



Imagen N. ° 33: Peso unitario
Fuente: (Alvarado, 2014)

3.6.9. Concepto

Como su nombre lo indica, el poliestireno expandido modificado se fabrica teniendo como materia prima poliestireno expandido, el cual siendo expuesto a un proceso térmico es modificado en su estructura interna, pasando de espumosa a plástica. Este proceso se

extiende por un tiempo y una temperatura determinada, obteniendo como resultado un material de baja densidad y gran resistencia mecánica, dependiendo de las variables anteriormente mencionadas (Rivera, 2015).

3.6.10. Antecedentes

Los primeros antecedentes del MEPS fueron realizados en el año 2009, por lo cual existen limitados referentes acerca de él. Dicha investigación tenía como objetivo encontrar un nuevo uso a los desechos de EPS en el área de construcción, ya que este material al no ser biodegradable, genera gran contaminación de suelos y aguas. De este modo, se logra crear hormigones sustentables y amigables con el medio ambiente (Rivera, 2015)..

3.6.11. Proceso de Fabricación



Imagen N.º 34: Características del molino utilizado para la molienda del EPS recolectado

Fuente: (Demirboğa, 2016)

Descrito de manera breve, el proceso de fabricación de MEPS comienza por la recolección de desechos de EPS los cuales son chancados o triturados hasta obtener partículas de tamaño uniforme, para finalmente exponerlas a una temperatura específica durante un tiempo determinado es un horno diseñado para ello. Todo esto se ve claramente ejemplificado en el esquema presentado a continuación:


3.6.12. Cambio de Volumen y Densidad del EPS por Tratamiento térmico

Durante el proceso de tratamiento térmico del EPS, este sufre importantes cambios de densidad y volumen los cuales fueron cuantificados en los estudios de (Demirboğa, 2016). Quienes expusieron muestras a temperaturas de 100, 110, 120, 130, 140 y 150 °C por periodos de tiempos entre 15, 30, 45, 60 y 120 minutos. Este hecho logro reducir el volumen de las probetas entre 1/10 y 1/20 del original (CHICO, 2017)



Imagen N. ° 35: Cambio de Volumen y Densidad del EPS
Fuente: (Alvarado, 2014)

Los cambios en la densidad, resistencia a la compresión, la conductiva térmica y absorción mejoran notablemente tal y como se muestra en la siguiente tabla 28:

 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA "INDOAMERICA" FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO CARRERA ARQUITECTURA		
PROPIEDADES	EPS	MEPS
Densidad (Kg/m3)	10	32.700

Resistencia a compresión (MPa)	0.120	8.290
Conductividad térmica (W/mK)	0.0369	0.0555
Absorción máxima % por volumen	< 3	0.580

Tabla N. ° 28: Cambios en la densidad

Fuente: (Rivera, 2015)

3.6.12.1 Propiedades del MEPS.

(Diseño, fabricación y ensayo de una losa unidireccional de hormigón liviano con poliestireno expandido reciclado modificado para fines habitacionales (Rivera, 2015).

3.6.12.2. Propiedades de aislamiento térmico

Las propiedades de aislamiento al calor y al frío que muestra el EPS son realmente notables, por este motivo no es extraño que sea una de sus aplicaciones más comunes y exploradas por investigadores y asociaciones interesadas.

El MEPS se construye con una gran cantidad de esferas de poliestireno soldadas unas a otras y que forman una estructura de geometría muy variada. Las perlas contienen aire en su interior de tal manera que son huecas en un 97-98% de su volumen. El aire atrapado dentro de la estructura funciona como un magnífico aislante térmico (González, 2015).

La densidad de una estructura de plástico determina la conductividad térmica del material. El MEPS como otras espumas recibe cuatro contribuciones:

- Conducción en el poliestireno.
- Conducción entre el aire atrapado.
- Convección por el movimiento de las moléculas de aire.
- Radiación a través de las paredes de las celdillas.

3.6.12.3 Propiedades de aislamiento acústico:

Como en otras estructuras poliméricas, la capacidad de aislamiento acústico del EPS depende fundamentalmente de la densidad del poliestireno en la espuma. El EPS absorbe sonido en un rango de

frecuencias entre 3500 y 4500 Hz. Para incrementar ese rendimiento el EPS se combina con otros materiales para formar barreras al sonido tipo “sándwich” ya sea con maderas o bien laminadas de otros plásticos (González, 2015). Todas estas propiedades que posee el MEPS las hereda el concreto liviano que se forma a partir de ella, por lo que resulta un agregado liviano de grandes proyecciones y propiedades.

3.6.12.4. Preparación y Obtención del Poliestireno Expandido modificado

Para la preparación del Poliestireno expandido se realizó el tratamiento térmico en el horno a una temperatura de 130 C° durante un tiempo de exposición de 15 minutos (Demirboğa, 2016)

Este proceso de exposición a tratamientos de temperatura se realiza para que el poliestireno expandido aumente su densidad y consecuentemente aumentar la resistencia a las fuerzas comprensivas tanto del poliestireno expandido como de la mezcla obtenida con este material.

Para evitar fallas en el material resultante, se realizará el procedimiento de cocción de acorde a los siguientes aspectos:

- **Uso de film de aluminio sobre la bandeja**, para evitar que el material se adhiriera a la bandeja metálica, evitando exposición excesiva de calor en esos puntos. □ Precalentamiento de horno y bandeja, permitiendo el calentado uniforme del material. De modo contrario el resultado obtenido sería un material heterogéneo tanto en resistencia y densidad.
- **Control del tiempo y temperatura de cocción**, lo que permitió obtener un material óptimo. De no haber controlado dichos parámetros, el material resultante se habría fundido ante temperaturas mayores o presentado resistencias bajas producto del menor tiempo o temperatura de cocción.
- **Al retirar el Poliestireno expandido del horno**, estos tenían una consistencia esponjosa y blanda debido a la temperatura, lo cual se modificó a medida que se enfrió el material, adquiriendo la rigidez necesaria para ser utilizado como remplazo de agregados pétreos (Rivera, 2015).

Para finalizar el proceso de preparación, se debió separar el material de forma manual, ya que las perlitas de Poliestireno expandido tendían a adherirse entre sí en los puntos de contacto, formando conglomerados, como se observa en la siguiente figura.



Imagen N.º 36: Poliestireno expandido al horno
Fuente: (Alvarado, 2014)

- **Cálculos. Densidad:**

La densidad tanto del poliestireno expandido (EPS) y el poliestireno expandido modificado (MPES) se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$D = \frac{(P1 - P2)}{V}$$

Donde

D = Densidad del poliestireno, kg/m³

P1 = Masa del recipiente con poliestireno, kg

P2 = Masa del recipiente, kg

V = Volumen del recipiente, m³

- **Resultados.** Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla


 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA “INDOAMERICA” FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO CARRERA ARQUITECTURA</p>		
	UNIDAD	DENSIDAD
Poliestireno Expandido	kg/m ³	10-nov
Poliestireno Expandido Modificado	kg/m ³	154.17

Tabla N.º 29: Tabla comparativa de densidad entre EPS y MEPS
Fuente: (Rivera, 2015)

3.7. CEMENTO

Materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables (López, 2016).

3.7.1. Características del Cemento portland

El cemento Portland es un polvo de color gris, más o menos verdoso. Se vende en bolsas que tienen un peso neto de 42.5 kg y un pie cúbico (1 pie³) de capacidad. En aquellos casos en que no se conozca el valor real se considerará para el cemento un peso específico de 3.15 g/cm³. La hidratación del cemento es tanto más rápida y más completa cuando mayor sea la finura de su molido., Manual de consejos prácticos sobre el concreto, 2014 Si se divide la resistencia de un concreto por su contenido de cemento, se obtiene una medida de la eficiencia del cemento: (López, 2016)

Eficiencia =

Resistencia a la compresión (kg/cm²) Contenido de cemento (kg/m³)

Si el cemento posee una finura excesiva, su retracción y calor de hidratación serán muy altos, se vuelve más susceptible a la meteorización y disminuye su resistencia a las aguas agresivas. (Crespo, 2018).

3.7.2. Fraguado y Endurecimiento

La fragua es la pérdida de plasticidad que sufre la pasta de cemento. Hay dos etapas de fraguado: a) Fraguado inicial cuando la masa empieza a perder plasticidad; b) Fraguado final, cuando la pasta de cemento deja de ser deformable y se convierte en un bloque rígido. El endurecimiento es el desarrollo lento de la resistencia (Rivera, 2015)

Durante el desarrollo del endurecimiento de la pasta de cemento, se producen variaciones de volumen, de dilatación si el ambiente tiene un alto contenido de humedad o de contracción si éste es bajo. (Zabaleta G, 2018)

Una calidad normal de cemento fragua inicialmente a los 40-50 minutos o a los 30 minutos para los cementos de mayor grado de finura, considerándose normal un tiempo de fraguado final entre 4 y 7 horas. (López, 2016).



Facultad de
Arquitectura
Artes y
Diseño

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
“INDOAMERICA”
FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO
CARRERA ARQUITECTURA

TIPOS DE CEMENTO PORTLAND	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (%)			
	3 DÍAS	7 DÍAS	28 DÍAS	3 MESES
I. Usos generales.				
II. Modificado.				
III. Alta resistencia inicial.				
IV. Bajo calor.				
V. Resistencia al sulfato.				

Tabla N. ° 30: Fraguado y Endurecimiento
Fuente: (Rivera, 2015)

Tipos de cementos fabricados en La Norma NTP 334.009, 2013 establece seis tipos de cementos Pórtland:

- **Tipo I:** Para uso general que no requiera propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.
- **Tipo II:** Para uso general, y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos.
- **Tipo III:** Para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales. PRODUCCIÓN ESPECIAL BAJO PEDIDO.
- **Tipo IV:** Para usar cuando se desea bajo calor de hidratación. PRODUCCIÓN ESPECIAL BAJO PEDIDO.
- **Tipo V:** Para usar cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

3.7.3. Estructura de Mercado y Grado de Concentración Industrial

En la presente investigación utilizaron cemento TIPO I, que cumple con la norma NTP 334.009-2013 y la ASTM C 150-2015, fabricado por la empresa PACASMAYO S.A.A, es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. El cemento portland Tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de Clinker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado



Imagen N. ° 37: Saco Cemento
Fuente: (Holcim, 2016)

3.7.4 Agua

3.7.4.1. Agua de lavado de agregados

Es la utilizada durante el proceso de trituración, para retirar impurezas y exceso de finos presentes en los conglomerantes de los que provienen, así como las partículas muy finas formadas durante la trituración. Debe ser lo suficientemente limpia como para no introducir contaminación. (Guzmán, 2017)

3.7.4.2. Agua de Amasado o Mezclado

La norma ASTM C94 permite usar el agua de lavado que queda dentro de la mezcladora para la mezcla siguiente, siempre y cuando se pueda medir su cantidad con precisión. (Rivera, 2015)

3.7.4.3. Agua de Curado

Durante el proceso de fraguado y primer endurecimiento del hormigón, tiene por objeto evitar la desecación, mejorar la hidratación del cemento e impedir una retracción prematura. Tanto el agua de amasado como el agua de curado deben reunir ciertas condiciones para desempeñar eficazmente su función. En general, se debe ser más estricto en la aptitud de un agua para curado. (Morán, 2017).



Facultad de
Arquitectura
Artes y
Diseño

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
“INDOAMERICA”
FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO
CARRERA ARQUITECTURA

SUSTANCIAS DISUELTAS	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P.H.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión (limos o arcillas)	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Tabla N. ° 31: Agua de Curado

Fuente: (Rivera, 2015)

Si en el concreto han de estar embebidos elementos de aluminio y/o fierro galvanizado, el contenido de cloruros indicado en la Tabla anterior, deberá disminuir a 50 ppm. (López, 2016)

El requerimiento de agua es mayor cuanto más angular y rugosos son los agregados usados, desventaja que se encuentra compensada por la mejor adherencia de la pasta de cemento a los mismos. También disminuye el requerimiento de agua con la incorporación de aire y puede ser significativamente reducido por el uso de ciertos aditivos. (Rivera, 2015)

El agua empleada en la preparación y curado de los cubos y bloques de Concreto Ligero a base de Poliestireno Expandido, fue agua extraída de pozos subterráneos, que cumple con los límites máximos y mínimos permisibles según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano según el DS N9 031-2010-SA; cumpliendo así los requisitos de calidad para la elaboración y curado del concreto indicado en la Norma NTP 339.0882014 en concordancia con la ASTM C 1602-2012.

3.7.4.4. Diseño de Mezcla de Concreto Ligeró a Base poliestireno Expandido.

La selección de los diferentes materiales que componen la mezcla de concreto y de la proporción de cada uno de ellos debe ser siempre el resultado de un acuerdo razonable entre la economía y el cumplimiento de los requisitos que debe satisfacer el concreto tanto en estado fresco como endurecido. (López, 2016)

Actualmente no existe un método específico de dosificación para este tipo de concreto ligero, los métodos que se utilizan para morteros y concretos convencionales no son apropiados, sin embargo, la guía ACI 213R-14, menciona que un pre-requisito para la selección de las proporciones de la mezcla es conocer las propiedades de los materiales constituyentes, es decir que los valores de la proporción de mezcla dependerán mucho del agregado ligero que se utilice como constituyente de mezcla.

Asimismo, la guía ACI 213R-14 menciona que algunas propiedades del concreto ligero a base de poliestireno expandido como: la del esfuerzo a la compresión, el módulo de elasticidad y densidad se calculan como las de un concreto convencional. Por otro lado, la Guía ACI 212.2 – 98: “Práctica estándar para la selección de las proporciones de Concreto estructural liviano”, establece tres métodos para determinar las proporciones de mezcla, los cuales se base en agregados ligeros con tamaño máximo nominal de 3/4" lo que no se ajusta al tamaño del poliestireno expandido utilizado (05 mm aprox.) (Rivera, 2015).

Finalmente luego de haber analizado las diferentes guías ACI para concretos ligeros se optará por utilizar el método que se establece en la guía ACI 523.3R-14: “Guía para Concreto Celular con densidades superiores a 800 kg/m³”, el cual se ajusta a las condiciones de los agregados utilizados en nuestra mezcla debido a que esta guía muestra un método de dosificación general la que se asemeja a la de un mortero, la cual en el último paso de la generación de espuma la adecuaremos a porcentajes de poliestireno expandido modificado, asimismo también se tendrán en cuenta las guías ACI 213R-14 y ACI 212.2 – 98, las cuales nos brindan información importante a considerar, para la obtención de una dosificación que se ajuste a las diferentes guías (Anape, 2015).

3.7.4.5. Agregado Fino.

Las características del agregado fino empleado en el diseño fueron calculadas mediante los procedimientos descritos anteriormente, los resultados influyentes en este estudio se presentan en la siguiente tabla:

PROPIEDADES DEL AGREGADO FINO	UNIDAD	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA "INDOAMERICA" FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO CARRERA ARQUITECTURA		
		ARENA A	ARENA B	ARENA C
Peso Específico de masa seca (Gravedad específica) (SS)	gr/cm ³	2.580	2.580	2.591
Absorción	%	1.304	1.379	1.358
PESO ESPECIFICO DE MASA SECA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) (SS)	gr/cm ³	1.481	1.476	1.444
PESO ESPECIFÍCO DE MASA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) (SSS)	gr/cm ³	1.660	1.650	1.575

Tabla N. ° 32: Propiedades del Agregado Fino
Fuente: (Rivera, 2015)

- **Arena A:** Arena utilizada para la elaboración de Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido con densidad de 1200 kg/m³.
- **Arena B:** Arena utilizada para la elaboración de Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido con densidad de 1400 kg/m³.
- **Arena C:** Arena utilizada para la elaboración de Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido con densidad de 1600 kg/m³.

3.7.5.1. Agua:

El agua empleada en la preparación de la mezcla de Concreto Ligero a base de poliestireno expandido, fue el agua del campus de la Universidad Nacional de Cajamarca, agua extraída de pozos subterráneos, cumple con los requisitos de calidad para la elaboración y curado del concreto indicado en la Norma NTP 339.088 (López, 2016).

Densidad: 999.7 kg/m³

3.7.5.2. Dosificación de la Mezcla.

El método a utilizar para determinar el diseño es el descrito en la guía ACI 523.3R-14: “Guía para Concreto Celular con densidades superiores a 800 kg/m³”, debido a que la guía ACI 213R-14 no nos otorga un método preciso y significativo con el cual podamos trabajar es por esto que se ha optado el método descrito en la guía ACI 523.3R14 el cual, si bien es cierto es aplicado para un concreto celular la única diferencia que se haría sería el cambio de la espuma de aluminio por la inclusión de poliestireno expandido modificado (Miled, 2014).

Se elaborarán mezclas de Concreto Ligero a base Poliestireno expandido con una densidad de 1200 kg/m³, cabe mencionar que los pasos de diseño son los mismos para las densidades de 1400 y 1600 kg/m³, elaborados en este estudio (López, 2016)..

De acorde a lo señalado en la guía ACI 523.3R-14 se procede a diseñar el concreto ligero a base de poliestireno expandido modificado:

Se elaborará un m³ de concreto ligero a base de poliestireno expandido modificado que tenga un peso unitario en estado fresco de 1320 Kg/m³ para obtener un peso unitario endurecido de 1200 Kg/m³. Las propiedades de los materiales son las siguientes:

- Densidad del poliestireno expandido modificado (γ_p): 154.17 kg/m³
- Peso específico del cemento (Pec): 3.12 gr/cm³
- Peso específico de masa seca (γ_{ss}): 2.580 gr/cm³ A
- Contenido de humedad de la arena (w): 2% A
- Absorción de la arena (a): 1.304% A
- Peso específico del agua (γ_w): 999.7 kg/m³

3.8. PROCESO DE ELABORACIÓN

Una vez definida la cantidad de materiales de acuerdo al diseño, se procede a pesar todos los materiales necesarios para la tanda de diseño, incluido el poliestireno expandido luego del proceso térmico descrito.

Se mezcla inicialmente una porción del agua de mezclado, luego se agrega la arena y el cemento seguido por el poliestireno expandido, finalmente se agrega la cantidad de agua restante, todo esto en aproximadamente 60 segundos.

Se mezcla el mortero hasta obtener una consistencia uniforme, es decir que no contenga grumos, este procedimiento debe realizarse aproximadamente en 90 segundos, si luego de este tiempo aún no se logra la consistencia deseada alargar el tiempo en 30 segundos más (Rivera, 2015).



Imagen N. ° 38: Proceso de elaboración
Fuente: (Alvarado, 2014)

Se verifica la densidad del Concreto Ligero a Base Poliestireno expandido, para ello toma un recipiente de 1 litro y se llena de mezcla hasta el nivel, si el peso de la mezcla es de 1.22 kg, se tendrá una densidad de 1220 kg/m³.

Una vez que se obtiene la densidad deseada se procede a realizar el ensayo de fluidez de acuerdo a la norma ASTM D 1603.

Se procede a vaciar la mezcla en los moldes metálicos de forma cubica de 100x100x100mm para posteriores ensayos, en varillar cada molde para el correcto vaciado del molde (Rivera, 2015).

3.8.1. Resultados de la Dosificación

3.8.2. Dosificación para Densidad Aparente de 1200

KG/CM³ Para llegar a la densidad de 1200 kg/m³ se aumentó la cantidad de agua y se incrementa en 5.11 % la cantidad de poliestireno expandido (López, 2016).



MATERIALES	UNID	POR M3	TANDA DE DISEÑO (0.03 m3)	TANDA REAL
CEMENTO	Kg	390.532	11.72	11.72
AGREGADO FINO	Kg	739.311	22.18	22.18
AGUA	Kg	190.156	5.70	5.54
POLIESTIRENO EXPANDIDO	Kg	60.89	1.83	1.92
A/C		0.49	0.49	

Tabla N. ° 33: Dosificación para Densidad Aparente
Fuente: (Rivera, 2015)



Imagen 39: Dosificación del Concreto Ligero para densidad
Fuente: (Rivera, 2015)

3.8.3. Dosificación para densidad aparente de 1400 KG/CM3

Para llegar a la densidad de 1400 kg/m³ se aumentó la cantidad de agua y se incrementa en 3.02 % la cantidad de poliestireno expandido (Rivera, 2015).



MATERIALES	UNID	POR M3	TANDA DE DISEÑO (0.03 m3)	TANDA REAL
CEMENTO	Kg	383.838	11.52	11.52
AGREGADO FINO	Kg	959.55	28.79	28.79
AGUA	It	176.61	5.30	5.4

POLIESTIRENO EXPANDIDO	Kg	49.18	1.48	1.52
A/C		0.46	0.46	

Tabla N. ° 34: Dosificación para densidad
Fuente: (Rivera, 2015)

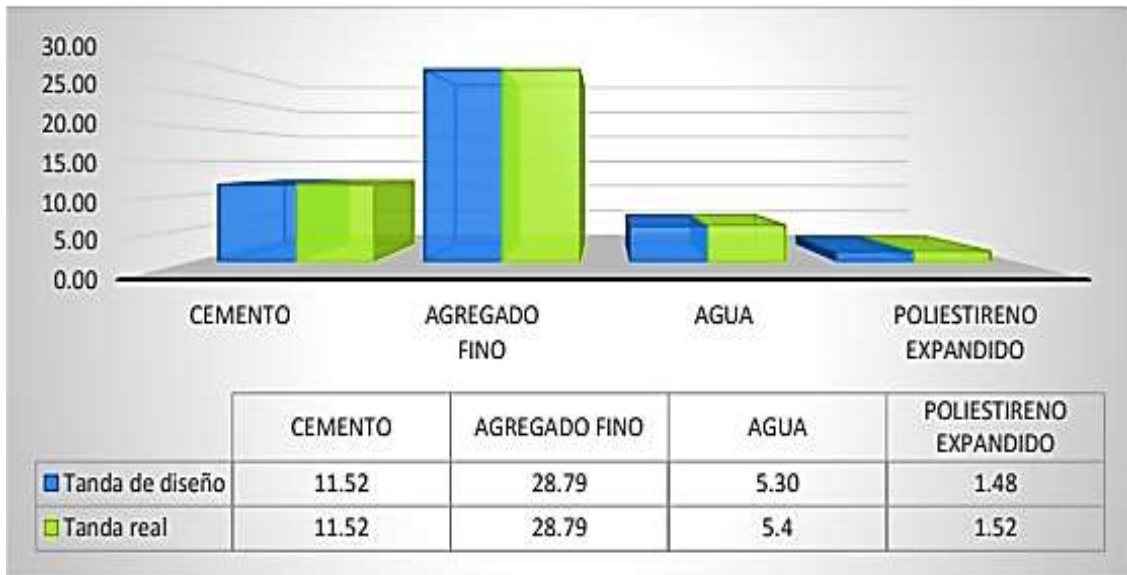


Imagen 40: Dosificación del Concreto Ligero para densidad aparente de 1200 Kg/m³
Fuente: (Rivera, 2015)

3.8.4. Dosificación para densidad aparente de 1600 KG/CM³

Para llegar a la densidad de 1600 kg/m³ se aumentó la cantidad de agua y se incrementa en 5.31% la cantidad de poliestireno expandido (Rivera, 2015).


	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA “INDOAMERICA” FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO CARRERA ARQUITECTURA			
	MATERIALES	UNID	POR M3	TANDA DE DISEÑO (0.03 m3)
CEMENTO	Kg	379.691	11.39	11.39
AGREGADO FINO	Kg	1150.464	34.51	34.51
AGUA	It	176.708	5.30	5.33
POLIESTIRENO EXPANDIDO	Kg	37.68	1.13	1.19
A/C		0.47	0.47	

Tabla N. ° 35: Dosificación para densidad aparente
Fuente: (Rivera, 2015)



Imagen 41: Dosificación del Concreto Ligero para densidad aparente de 1200 Kg/m³
Fuente: (Rivera, 2015)

3.8.5. Especificaciones de especímenes de ensayo

Debido a que el proceso de elaboración del Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido y la naturaleza heterogénea de la sección transversal de los bloques de Concreto Ligero a elaborar luego de hallada la dosificación óptima, los usos de especímenes cilíndricos para ensayos a compresión no proporcionarán una estimación realista de la resistencia a la compresión del Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido (López, 2016).



Imagen N. ° 42: Especificaciones de especímenes de ensayo
Fuente: (Alvarado, 2014)

3.8.6. Curado de especímenes de concreto ligero a base de poliestireno expandido

La guía ACI 213R-2014, no menciona ni recomienda ningún tipo de curado para este tipo de concreto ligero, no obstante, para el presente estudio se ha optado por un curado

diferente siguiendo recomendaciones de la norma AS 1012, la cual menciona que las probetas de concreto ligero totalmente saturados tendrán una fuerza de compresión más baja debido a las presiones de poros internos. Por lo tanto, el curado normal sumergido en agua no puede ser considerado como un método de curado estándar para el Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido y no representará la resistencia real del Concreto Ligero. Entonces siguiendo recomendaciones de la norma AS 1012, los especímenes fueron mantenidos en un baño de agua durante 4 días antes de colocarlos dentro de bolsas de plástico para simular condiciones de 100% de humedad (Liu, 2013).

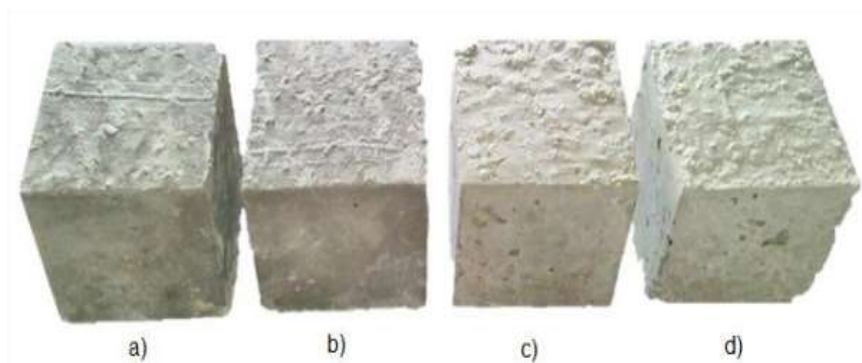


Imagen N. ° 43: Curado de especímenes Poliestireno expandido
Fuente: (Alvarado, 2014)

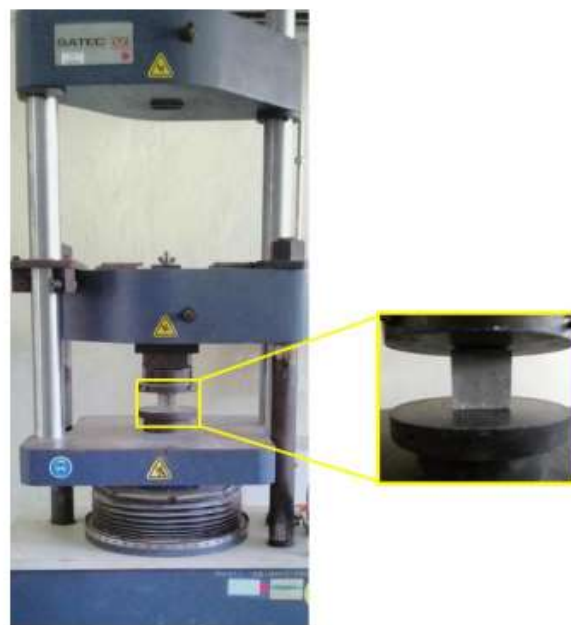


Imagen N. ° 44: Curado de especímenes Poliestireno expandido
Fuente: (Alvarado, 2014)

3.9. ENSAYOS DEL CONCRETO LIGERO A BASE DE POLIESTIRENO DE EXPANDIDO

El Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido estudiado en esta investigación fue sometido a diferentes ensayos para determinar sus propiedades físicas y mecánicas, para ello fue necesario someter la mezcla a ensayos programados para obtener: en estado fresco, la consistencia o fluidez y la cantidad de aire contenido, y para el estado endurecido, la resistencia a la compresión, módulo de elasticidad, densidad y absorción de agua, todo esto con la finalidad obtener una dosificación óptima para elaborar bloques de Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido (Rivera, 2015).



Imagen N. ° 45: Ensayo de Compresión en los bloques
Fuente: (Alvarado, 2014)

3.9.1. Consistencia o fluidez de la mezcla

El ACI y las normas ASTM no prevén ensayos de fluidez para Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido. El presente estudio considera adecuados realizarlos, por cuanto se trata de un material que va a ser utilizado para elaborar bloques de Concreto Ligero, debiendo cumplir con determinados requerimientos. El Concreto Ligero a base de Poliestireno expandido posee características similares a los materiales de baja densidad y baja resistencia controlada (LD-CLSM), productos bastante estudiados que cuentan con abundante información y normativas, de forma que, pruebas de laboratorio que normalmente se aplican a estos materiales, de baja densidad y resistencia controladas, se pueden aplicar, con ciertas restricciones, a los concretos ligeros (Rivera, 2015). Cabe destacar que el poliestireno expandido expandido es un material muy utilizado para las construcciones.

La consistencia o fluidez, es la propiedad que distingue al Concreto Ligero de otros concretos convencionales, representa la cualidad que permite fluir al material, autocompactarse, auto-nivelarse y llenar completamente los vacíos, en moldes y encofrados, sin la necesidad de utilizar equipo adicional de distribución y compactación.

La forma más adecuada para medir la consistencia del Concreto Ligero es el ensayo de fluidez modificado, conforme a la norma ASTM D 6103-2004, “Consistencia de flujo en material de resistencia baja controlada”. El ensayo consiste en la utilización de un cilindro de 76 ± 3 mm de diámetro y 150 ± 3 mm de altura abierto en ambos extremos. Se alcanza una buena fluidez cuando no se note segregación y el material se disperse en un diámetro comprendido entre 200 – 300 mm (López, 2016).

Por facilidad y costumbre, se utiliza con mucha frecuencia el método alternativo de ensayo conforme a la norma ASTM C 143-2015. “Asentamiento de concreto de cemento portland”. (Pérez, 2016) Método del cono de asentamiento o Cono de Abrams, molde metálico troncocónico de 300 mm de alto, 100 mm de diámetro superior y 200 mm de diámetro inferior, que evalúa la consistencia cuando se esperan revenimientos menores a 200 mm que se enmarcan dentro de los siguientes parámetros:

- Baja fluidez: 150 mm o menos
- Fluidez media: 125 -200 mm






Aparatos:

- **Cilindro de flujo:** El cilindro de flujo debe ser un $150 \pm 3,0$ mm ($6'' \pm 1/8$ pulg.) de longitud de $76 \pm 3,0$ mm ($3'' \pm 1/8$ pulg.) en el interior de diámetro, de ser una tubería recta de acero, plástico u otro no absorbente.
- **Mazo:** Con cabeza de hule de peso aproximado a 0.8 Kg.
- Cronometro o reloj: capaz de medir intervalos de tiempo de 1 segundo (Anape, 2015).



Gráfico N.º 12: Ensayo de bloques

Fuente: (Alvarado, 2014)


FORMULACIÓN	PROMEDIO DE DIAMETROS (MM)	PORCENTAJE DE FLUDES (%)	IMAGEN
Referencia	232.25	130	
0.8 % EPS-G	201	99	
0.8 % EPS-F	205	103	
1.6 % EPS-G	141	39.6	
1.6 % EPS-F	147.75	46.28	

Cuadro N. ° 16: Muestra
Fuente: (Rivera, 2015)

3.10. COSTOS DE FABRICACIÓN DE LOS BLOQUES ANALIZADOS

3.10.1. Presupuesto de fabricación para el bloque tradicional

Los costos obtenidos para el presupuesto de fabricación del bloque tradicional, con la dosificación establecida, se resume en el siguiente análisis, donde se toma en cuenta los rubros que involucran la elaboración de este tipo de bloques.

		UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA “INDOAMERICA” FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO CARRERA ARQUITECTURA					
OBRA: FABRICACION BLOQUES ALIVIANADOS CON POLIESTILENO							
ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO							
MATERIALES							
N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Cos. Unitario	Cos. Total		
1	Agua	m3	0.002	0.45	0.00	0.35%	
2	Cascajo	m3	0.002	17.50	0.04	13.59%	
3	Cemento	50kg	0.012	7.64	0.09	35.59%	
	Polvo	m3	0.001	17.50	0.01	5.43%	
PARCIAL					USD. 0.14	54.96%	
Mano de Obra							
N°	Descripción	Cantidad	Jornal/hora	Costo/ Hora	Rendimiento	Costo	
1	Albañil	0.60	2.90	1.74	0.0125	0.02	8.44%
2	Peón	0.70	2.73	1.91	0.0125	0.02	9.27%
PARCIAL					USD. 0.05	17.72%	
EQUIPOS							
N°	Descripción	Cantidad	Jornal/hora	Costo/ Hora	Rendimiento	Costo	
1	Bloques	0.60	6.00	3.60	0.0125	0.05	17.47%
2	Concretará	0.60	3.39	2.03	0.0125	0.03	9.87%
3	Herramienta	1.00	5%	0.00	0.0125	0.00	0.00%
PARCIAL					USD. 0.07	27.34%	
Porcentaje sobre 0.00%							
Total costo directo x= (M+N+O+P)				0.26			
COSTO INDIRECTOS				0.00			
COSTO TOTAL DEL RUBRO				0.26			
VALOR OFERTADO				0.26			

CuadroN. ° 7: Dosificación para densidad aparente

Fuente: : Elaboración propia (2020)

3.10.2. Presupuesto de fabricación para el bloque alivianado con poliestireno

Los costos obtenidos para el presupuesto de fabricación de los bloques alivianados con poliestireno, con la dosificación establecida, se resume en el siguiente análisis, donde se toma en cuenta los rubros que involucran la elaboración de este tipo de bloques.

		UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA “INDOAMERICA” FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO CARRERA ARQUITECTURA					
OBRA: FABRICACION BLOQUES HORMIGO							
ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO							
MATERIALES							
N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Cos. Unitario	Cos. Total		
1	Agua	m3	0.001	0.45	0.00	0.14%	
2	Cemento	50kg	0.012	7.64	0.09	21.46%	
3	Poliestireno	lb	0.075	3.10	0.23	56.30%	
4	Polvo	m3	0.000	17.50	0.01	1.69%	
PARCIAL					USD. 0.33	79.59%	
Mano de Obra							
N°	Descripción	Cantidad	Jornal/hora	Costo/ Hora	Rendimiento	Costo	
1	Albañil	0.60	2.90	1.74	0.0125	0.02	4.90%
2	Peón	0.70	2.73	1.91	0.0125	0.02	5.38%
PARCIAL					USD. 0.04	10.28%	
EQUIPOS							
N°	Descripción	Cantidad	Jornal/hora	Costo/ Hora	Rendimiento	Costo	
1	Bloques	0.60	6.00	3.60	0.0116	0.04	10.14%
3	Herramienta	1.00	5%	0.00	0.0116	0.00	0.00%
PARCIAL					USD. 0.04	10.14%	
Porcentaje sobre 0.00%							
Total costo directo x= (M+N+O+P)				0.41			
COSTO INDIRECTOS				0.00			
COSTO TOTAL DEL RUBRO				0.41			
VALOR OFERTADO				0.41			

Cuadro N. ° 7: Dosificación para densidad aparente

Fuente: : Elaboración propia (2020)

\CAPÍTULO 4

4. Propuesta del Bloque de Reciclado Poliestireno Expandido EPS

El planteamiento del diseño de un bloque se debe considerar las dimensiones, forma y para qué es el uso que se vaya a realizar ya sea para mampostería o como para interiores. El propósito es que a través de un diseño arquitectónico de la vivienda y del bloque, en base al reúso de los materiales de Poliestireno Expandido, la obra en el mismo, genere una conciencia de interés al reciclaje. Se toma todo el proceso desde el reciclaje hasta la utilización en la vivienda social, permitiendo el uso del material reciclado del Poliestireno Expandido planteando una propuesta adecuada para los usuarios interesados.

4.1. Referencia bloques de hormigón

El hormigón es un material muy adecuado para una construcción más sostenible porque proporciona:

- Inercia térmica y reduce la demanda energética de la construcción y, por tanto, el consumo de energía que realizará el usuario durante toda la vida útil de la construcción.
- Vida útil muy elevada a la construcción (los bloques pueden mantener sus propiedades durante siglos).
- Elevada resistencia al fuego, aumentando la seguridad de las personas y de los bienes materiales y evitando daños colaterales de gran relevancia social.
- Aislamiento acústico suficiente para asegurar el confort del usuario, ahorrando el consumo de otros materiales. Además, reduce los gastos de conservación y mantenimiento, durante la vida útil de la construcción, a valores irrelevantes y al final de su vida útil, es reciclable, pudiendo formar parte, como material granular reciclado, de nuevas construcciones.

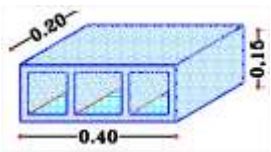
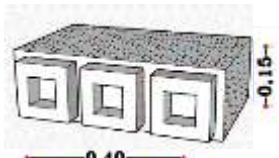
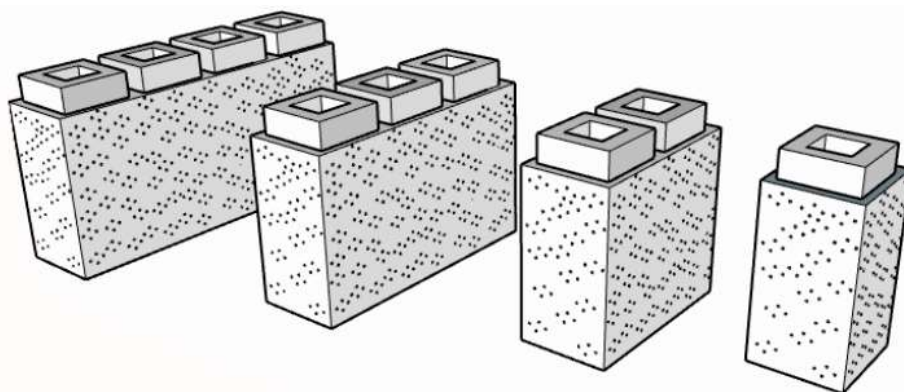
TIPO DE BLOQUES	Bloque Normal	Bloque con Poliestireno Expandido	
BLOQUE PARA ALIVIANAMIENTO EN LOSAS			
Porcentaje de sustitución parcial	0 %	5 %	10%
Peso promedio de bloque 28 días (kg)	8,57	8,06	7,91
PESO LOSETA (kg/m ²) =	120,00	120,00	120,00
PESO NERVIO (kg/m ² =	129,60	129,60	129,60
PESO ALIVIANAMIENTO kg/m ² =	68,53	64,47	63,27
Carga muerta losa (kg/m ²)	318,13	314,07	312,87
Peso Total losa kg	125706,69	124103,98	123629,81
Peso Total losa Tn	125,71	124,10	123,63

Tabla N. ° 36: Tipo de bloques
Fuente: Elaboración propia (2020)

4.2. Propuesta de diseño Poliestireno Expandido EPS Serie A-000

Pieza prefabricada a base de cemento, agua, áridos y poliestireno expandido (de los cuales al menos aproximadamente un 40% en volumen son áridos ligeros), con o sin adiciones y aditivos, incluidos pigmentos, de forma sensiblemente ortopédica, con unas dimensiones máximas



A-001

A-002

A-003

A-004

Imagen N. ° 46: Bloques de EPS
Fuente: Elaboración propia (2020)



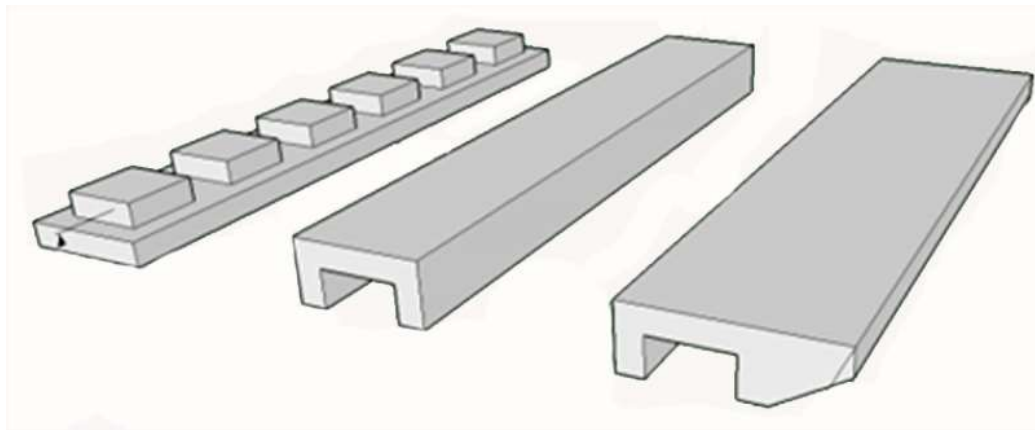
Facultad de
Arquitectura
Artes y
Diseño

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
"INDOAMERICA"
FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO
CARRERA ARQUITECTURA

Código	Medidas Modulares	Medidas Reales	Unidades m2
A-001	0.19 x 0.10 x 0.40	0.20 x 0.10 x 0.40	0.076
A-002	0.19 x 0.10 x 0.30	0.20 x 0.10 x 0.30	0.057
A-003	0.19 x 0.10 x 0.20	0.20 x 0.10 x 0.20	0.038
A-004	0.19 x 0.10 x 0.10	0.20 x 0.10 x 0.10	0.019

Tabla N. ° 37: Medidas de bloques

Fuente: Elaboración propia (2020)



C-001

C-002

C-003

Imagen 47: Diseño Poliestireno Expandido

Fuente: Elaboración propia (2020)



Facultad de
Arquitectura
Artes y
Diseño

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
"INDOAMERICA"
FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO
CARRERA ARQUITECTURA

CÓDIGO	MEDIDAS MODULARES	MEDIDAS ÚTILES	UNIDADES M2
C-001	0.04 x 0.10 x 0.60	0.02 x 0.10 x 0.60	0.012
C-002	0.05 x 0.10 x 0.60	0.05 x 0.10 x 0.60	0.030
C-003	0.05 x 0.15 x 0.60	0.05 x 0.15 x 0.60	0.090

Tabla N. ° 38: Medidas de bloques modulares

Fuente: Elaboración propia (2020)

4.3. Colocación de Bloques de Reciclado Poliestireno Expandido EPS

Los moldes prediseñados nos permiten la producción de bloques con un control dimensional de una altura y anchura iguales, la coordinación modular de los bloques son aptos para el sistema de mampostería simple, las proporciones nos permiten hacer esquinas o interacciones en “T” sin tener que cortar los bloques o engrosarlas.

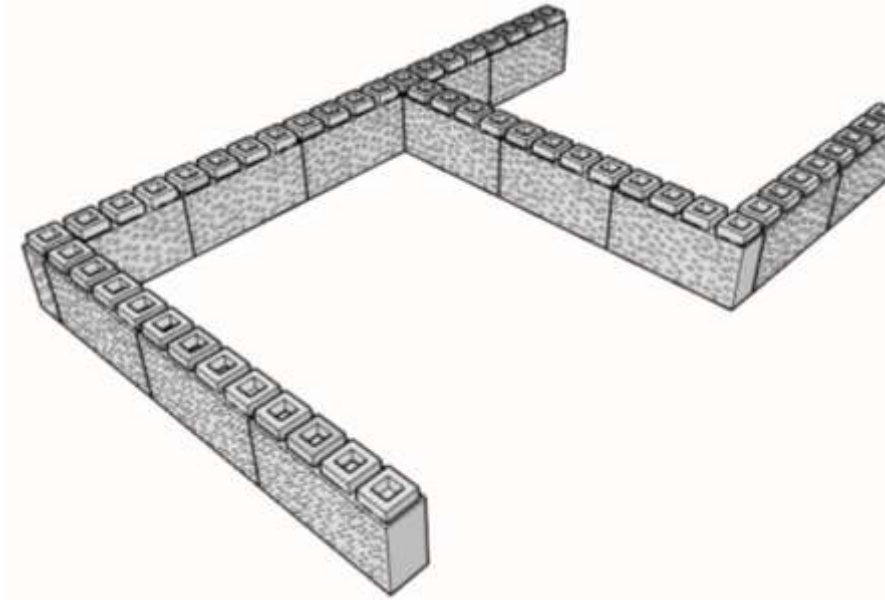


Imagen 48: Colocación de Mampostería Bloques de Reciclado
Fuente: Elaboración propia (2020)

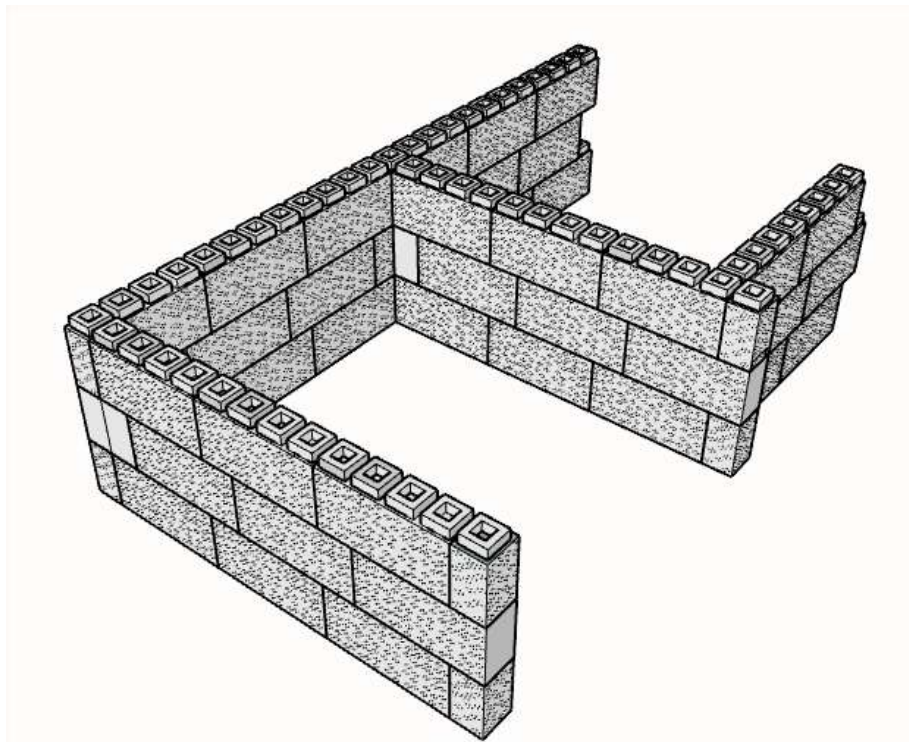


Imagen 49: Colocación de Mampostería
Fuente: Elaboración propia (2020)

4.5. Diseño de la Vivienda

La vivienda que se diseñara se establecerá mediante un proceso de construcción fácil y rápida, que se construirá con los materiales previamente diseñados en este proyecto que son los bloques de Poliestireno Expandido, esto permitirá que sea más rápida en la construcción de la vivienda.

La vivienda será modular y la estructura será adecuada para el diseño, además el espacio deberá permitir la integración social entre habitantes del hogar y al mismo tiempo relacionándose con los del medio.

Se desarrollará una vivienda modular que puede aumentar sus dimensiones la misma que será facilitado por el método de construcción que será desarrollado por su armado tipo lego. Esta propuesta permite tener una vivienda evolutiva y de variedad de diseños, la vivienda será digna para el usuario, permitiendo de este un crecimiento modular. Según el número de habitantes que tendrá la vivienda podrá ser re-diseñada, aumentando hacia la altura, dando una mayor adaptabilidad y flexibilidad para los ocupantes.

Esta vivienda permitirá adaptarse de manera rápida a los usuarios, dando una flexibilidad de la necesidad de una vivienda social

4.5.1 Módulo

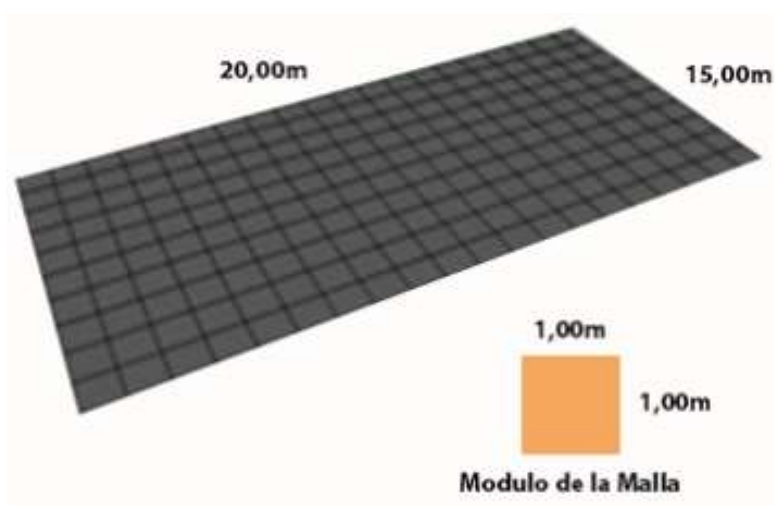


Imagen 50: Modulo
Fuente: Elaboración propia (2020)

La malla está diseñada siguiendo el módulo 1.00m X 1.00m, las dimensiones del terreno son de 300m² (20.00m X 15.00m), en este espacio será diseñado la vivienda social con la utilización el material del Poliestireno Expandido EPS.

Ya que la vivienda se puede armar de cualquier manera se han empleado una serie de fases evolutivas que serían la mejor opción para el crecimiento constructivo de la vivienda. Esto solo es un ejemplo que por la forma de armar tipo lego se puede crear diversas formas de vivienda sin necesidad de aglomerantes para su colocación.

Crecimiento de la Vivienda

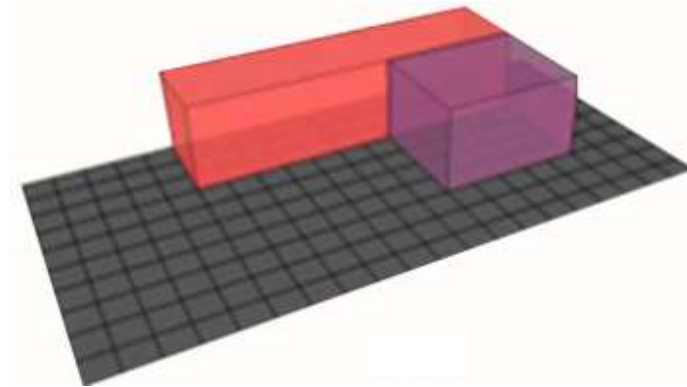


Imagen 51: Crecimiento de la Vivienda
Fuente: Elaboración propia (2020)

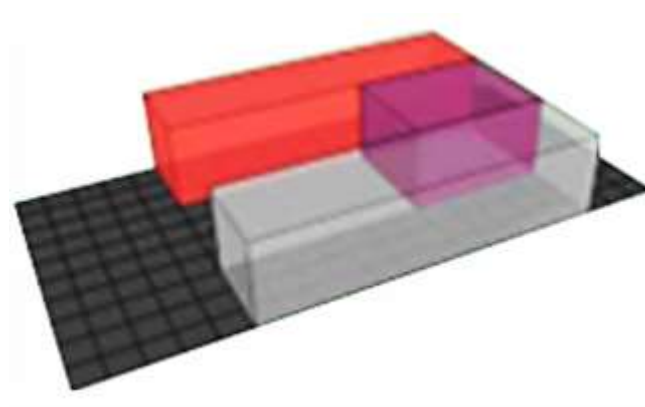


Imagen 52: Crecimiento de la Vivienda
Fuente: Elaboración propia (2020)

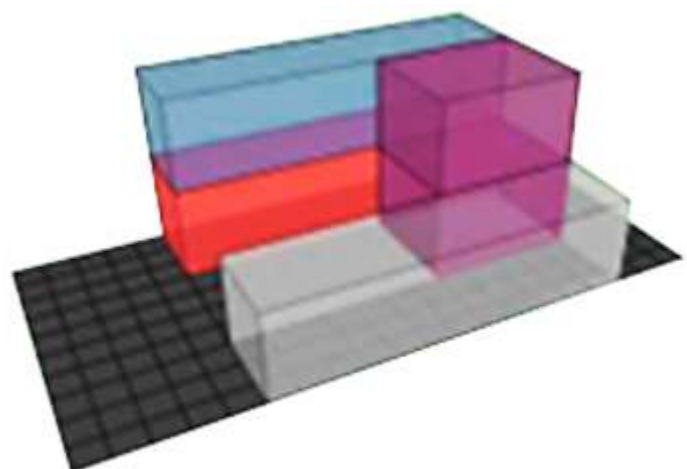


Imagen 53: Crecimiento de la Vivienda
Fuente: Elaboración propia (2020)

4.6. Uniones de Muros

Las uniones entre muros constituyen puntos singulares que es necesario resolver adecuadamente. En general los muros, tanto con funciones de carga, como de arriostramiento, trabajarán juntos por lo que habrá que garantizar su traba en las zonas de unión. Además, debemos diferenciar entre fábricas sin reforzar y fábricas reforzadas. En general, salvo requerimientos diferentes según el cálculo, las fábricas se realizan sin reforzar en muros no resistentes o muros resistentes con pequeñas solicitaciones y riesgo sísmico bajo y las fábricas se deben reforzar en muros resistentes y zonas de riesgo sísmico alto o en muros muy esbeltos (López, 2016).

4.6.1. Detalle de Muros en Esquina

En los encuentros es necesario incorporar piezas cortadas, de la longitud variable necesaria, en una de las hiladas para mantener el aparejo y la coincidencia vertical de tabiquillos en bloques huecos. La solución para fábricas no reforzadas de bloques de áridos ligeros es la siguiente (Pérez, 2016)

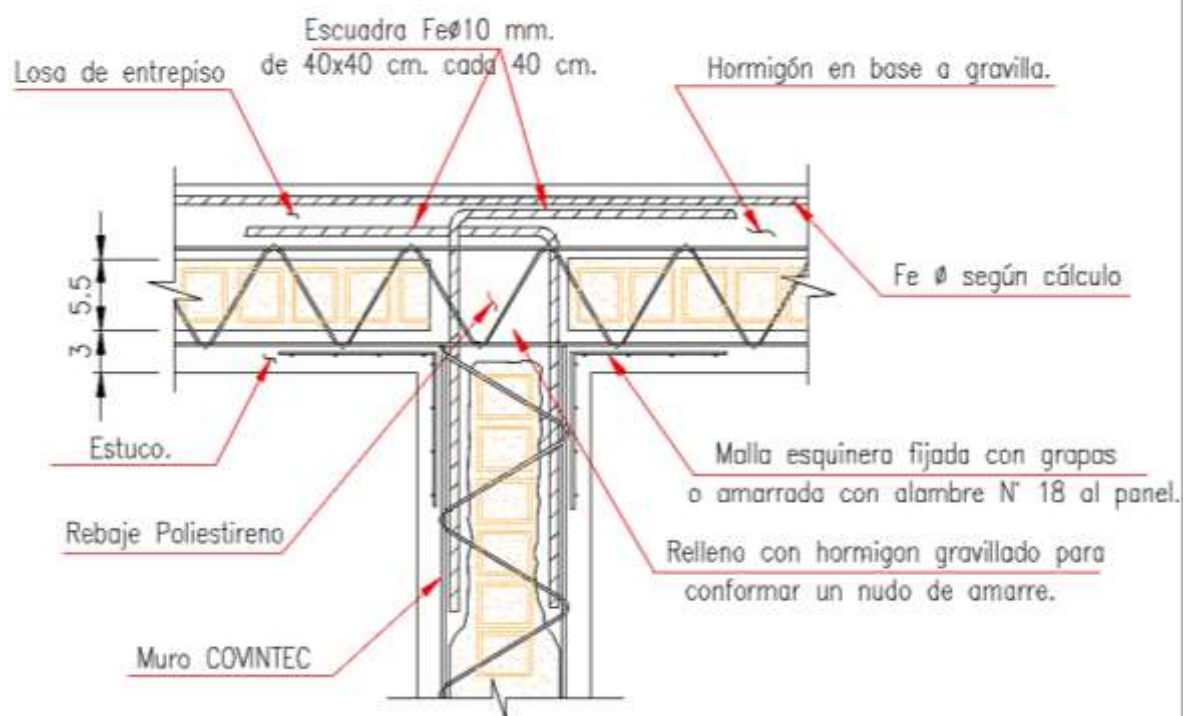


Imagen 57: Detalle de Muros Esquina

Fuente: Elaboración propia (2020)

4.6.2. Detalle de Muros en diagonal

Si los muros se construyen con bloques huecos además de las horquillas el alveolo común se maciza con hormigón y se arma verticalmente, anclándose a la cimentación en su arranque. Si los muros se construyen con bloques huecos además de las horquillas el alveolo común se maciza con hormigón y se arma verticalmente, anclándose a la cimentación en su arranque (Anape, 2015).

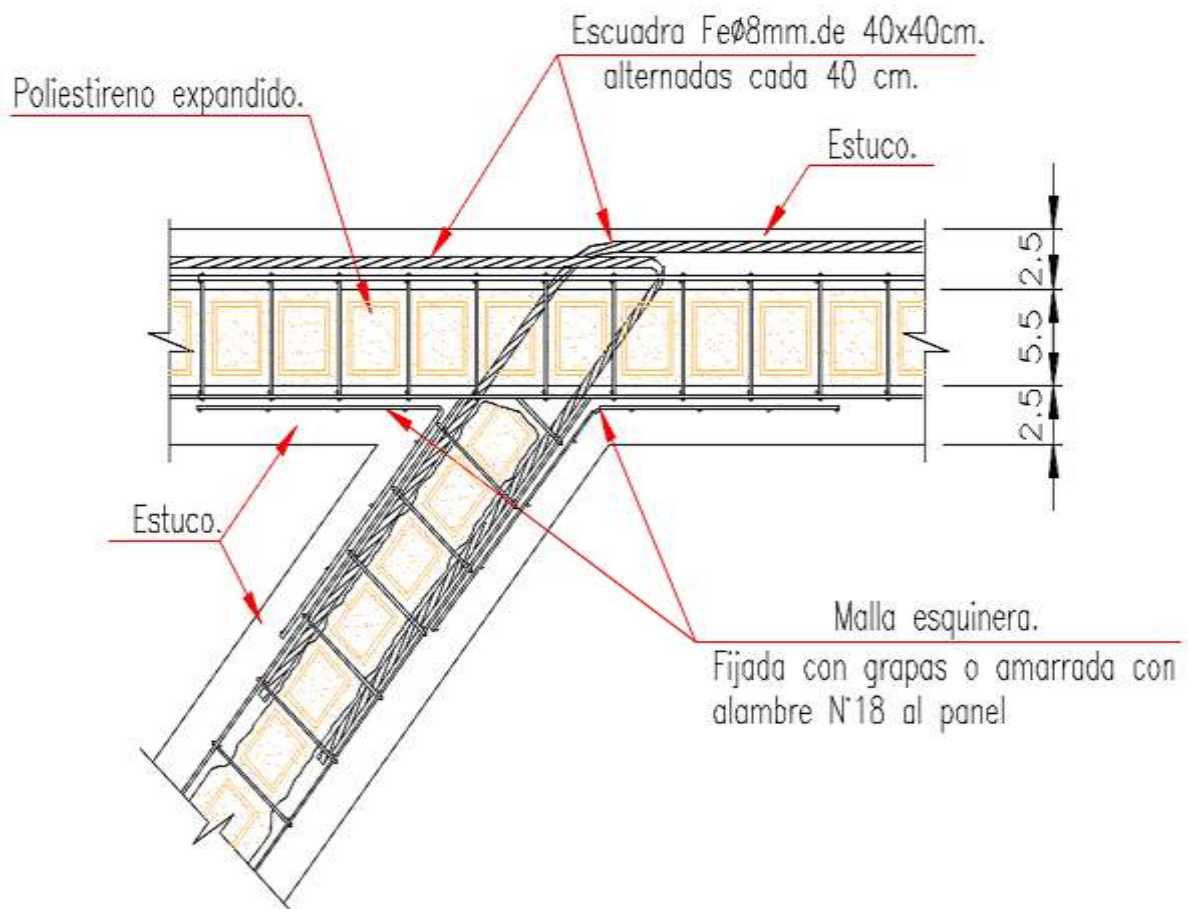


Imagen 55: Detalle de Muros diagonal
Fuente: Elaboración propia (2020)

4.6.3. Detalle de Muros en Esquina

En las esquinas de los muros de fábrica armada por tendeles, donde se emplean armaduras prefabricadas de tendel a distancias regulares no mayores de 60 cm de altura, para controlar la fisuración, éstas se doblarán en esquina evitando cortar la armadura longitudinal exterior, y cortando en cambio la interior, que se doblará y solapará según el gráfico. Se cuidará en alternar la disposición del solape, entre las hiladas pares e impares.

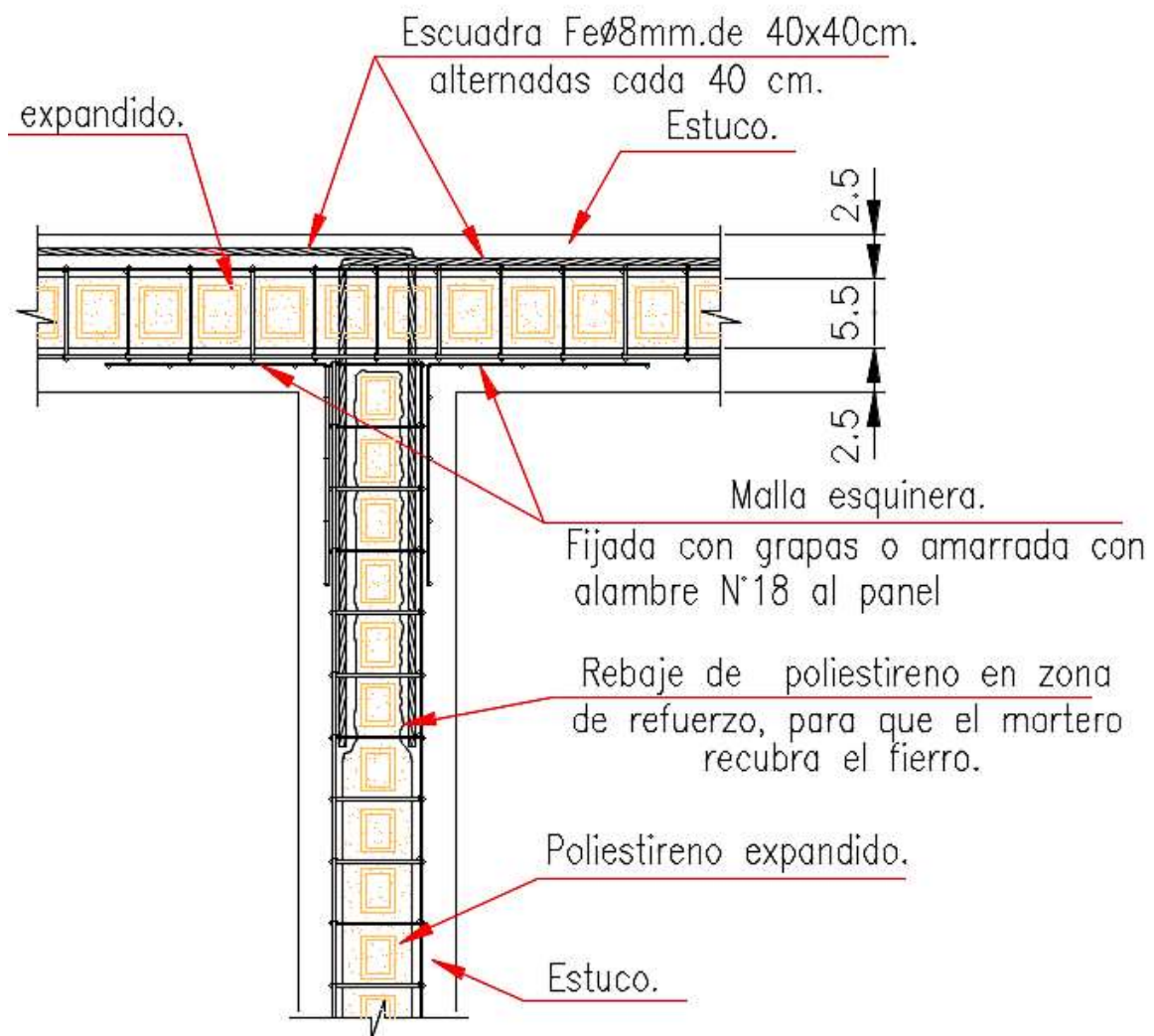


Imagen 56: Detalle de Muros diagonal

Fuente: Elaboración propia (2020)

4.6.4. Detalle de Muros Perpendiculares

Se resuelven haciendo pertenecer alternativamente la zona común a cada uno de los muros como indica la figura. Cuando el espesor del muro es inferior a la mitad de la longitud del bloque se resuelve con piezas de esquina:

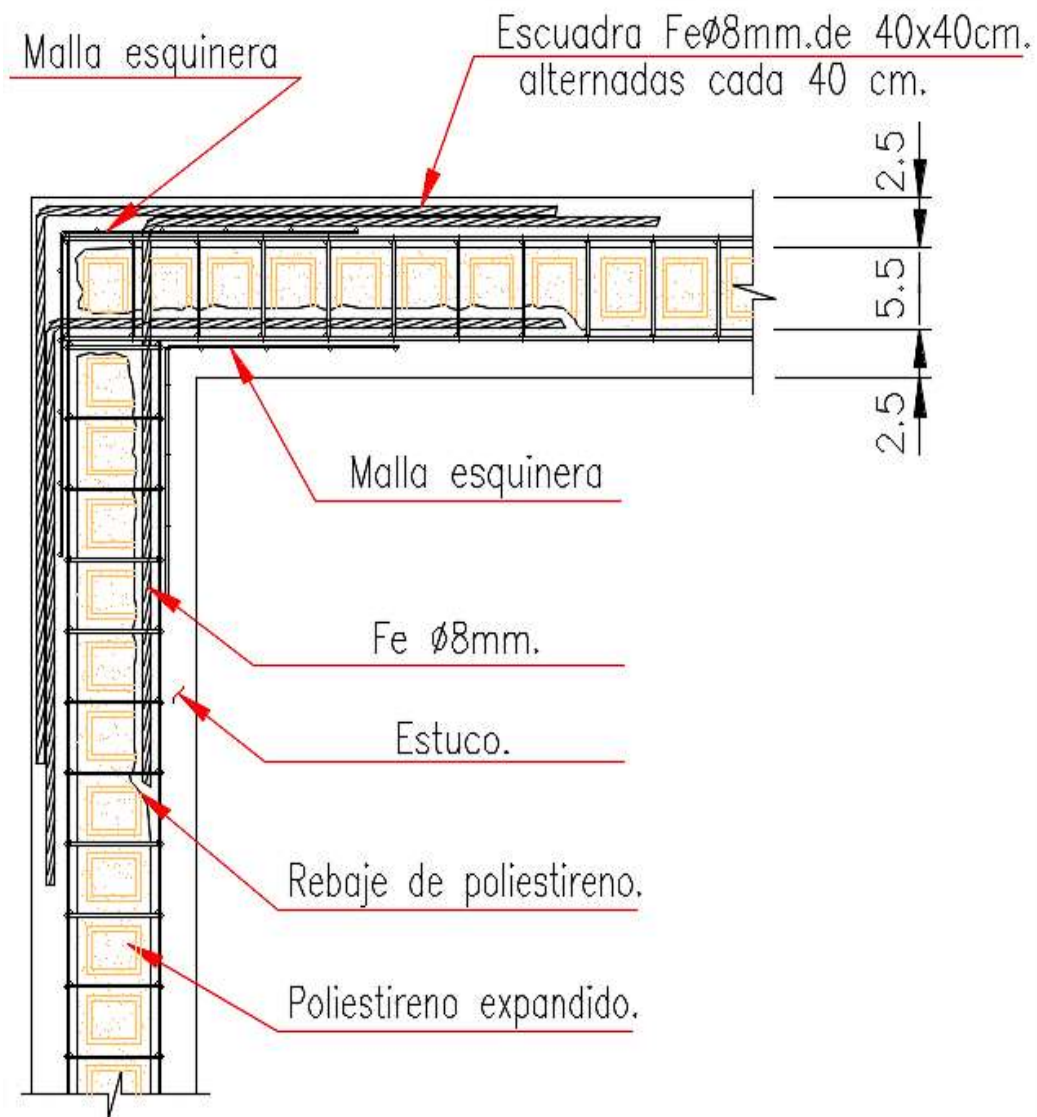


Imagen 54: Detalle de Muros Perpendiculares
Fuente: Elaboración propia (2020)

4.6.5. Detalle de Muros de dilatada a losas de hormigon

En la cara opuesta a la pilastra se rompe el aparejo apareciendo una junta vertical continua. Se puede mejorar el comportamiento de la pilastra rellenando los 4 alvéolos con hormigón en masa o con armaduras verticales. Un mayor refuerzo se puede conseguir incorporando pilares de hormigón armado en la fábrica, mediante la utilización de piezas de pilastra sencilla y de enlace, con las que se consigue la traba y mantiene el aparejo.

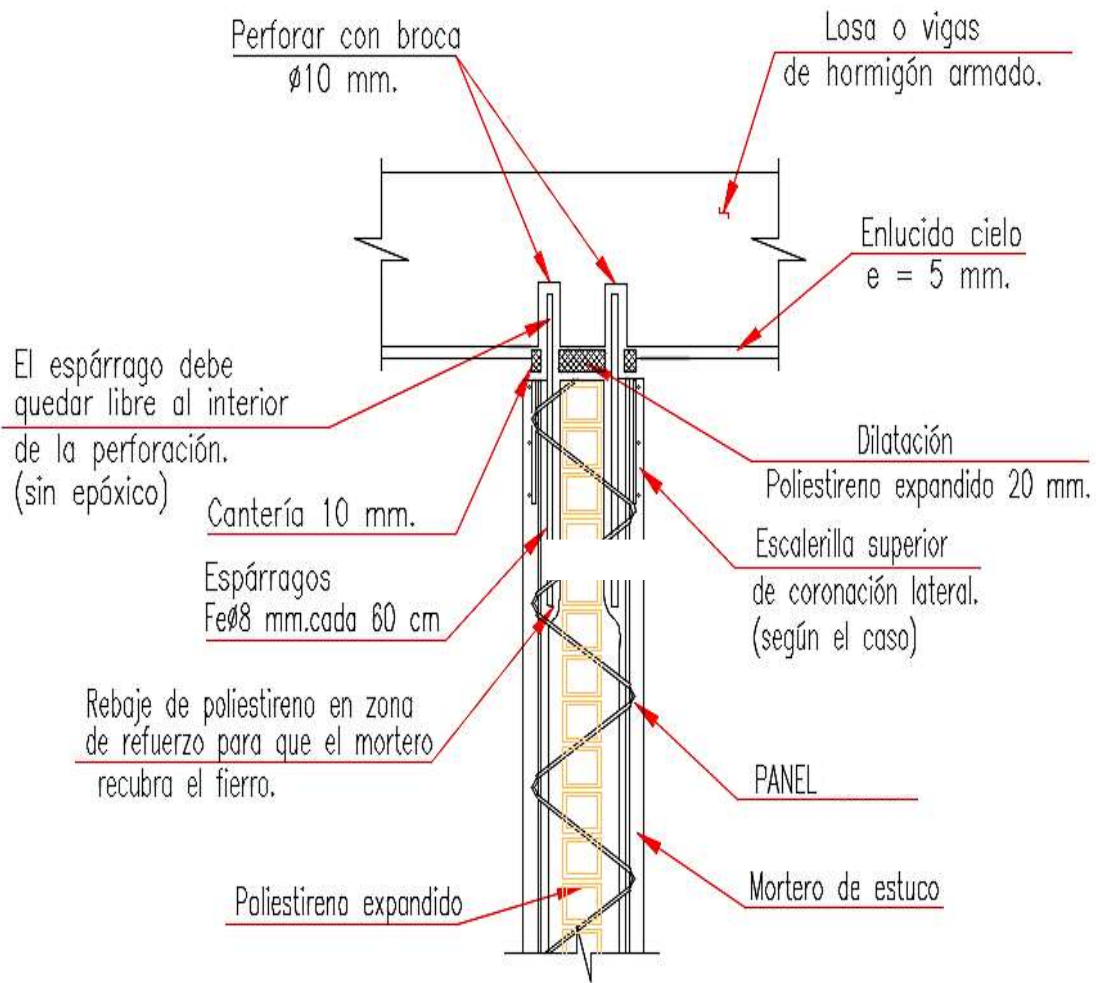


Imagen 58: Detalle de Muros Esquina
Fuente: Elaboración propia (2020)

4.6.6. Loseta

Los forjados deben tener canto suficiente para evitar deformaciones y giros excesivos en los apoyos, así como una adecuada rigidez en su plano para poder transmitir las acciones horizontales a los elementos estructurales colocados para soportar estos esfuerzos.

Además, incorporarán las armaduras de reparto y de negativos necesarias para cumplir la Normativa Vigente (EFHE). El apoyo de los forjados en los muros de fábrica de bloques se realizará mediante zunchos o cadenas de hormigón armado, con dimensión suficiente

para cumplir las funciones de atado y reparto de cargas verticales. El forjado deberá colocarse sobre el muro cuando haya transcurrido el tiempo necesario para garantizar que las juntas estén suficientemente endurecidas (López, 2016)..

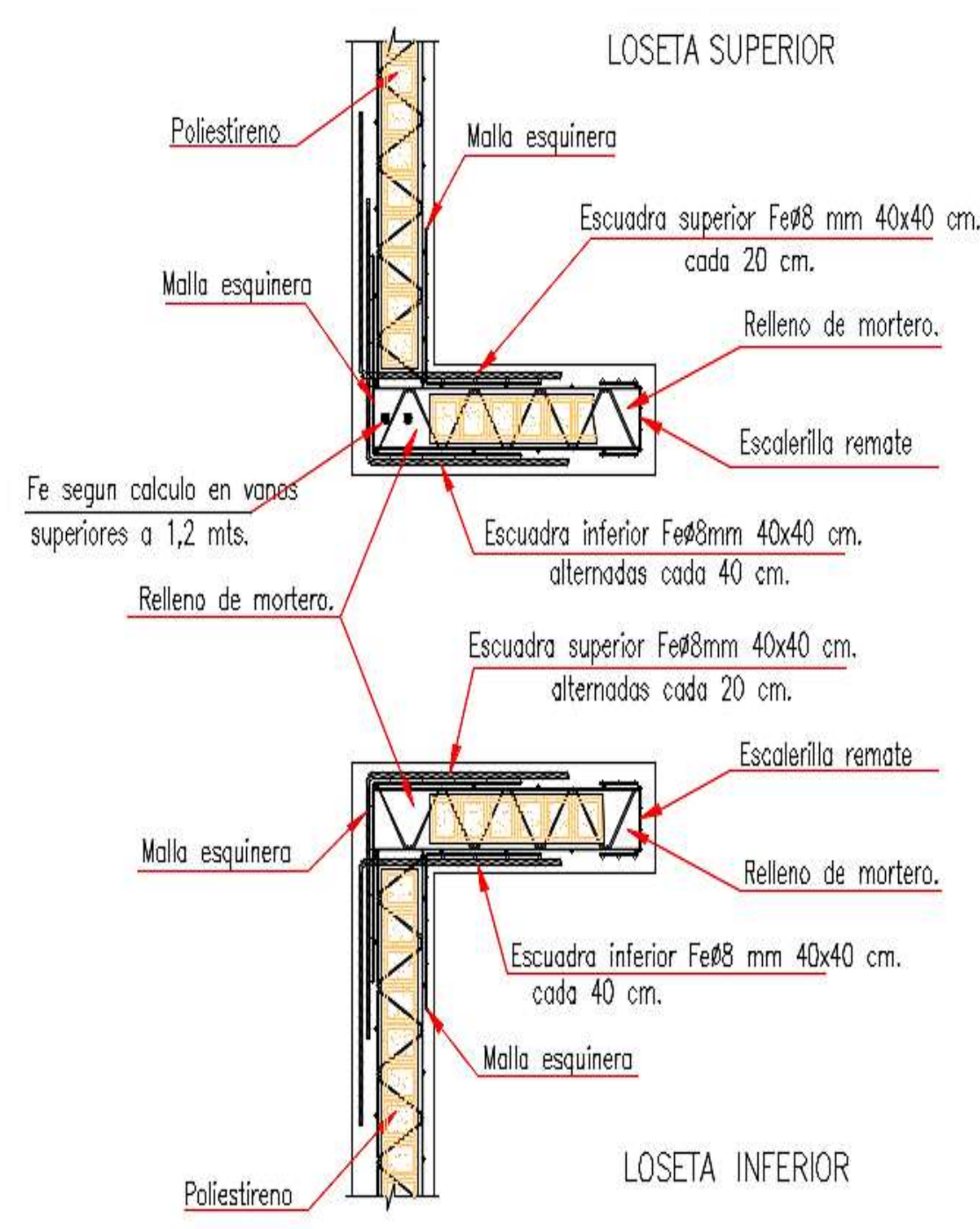


Imagen 59: Loseta
Fuente: Elaboración propia (2020)

4.7. Arranque en Cimentación

En los muros de fábrica se suele realizar la cimentación con zapatas corridas cuando el estrato de terreno adecuado se sitúa a poca profundidad. Las zapatas deben ser

horizontales y continuas pasando por debajo de los huecos, quedando enlazadas las cimentaciones de la forma más eficaz posible. La cimentación será suficientemente rígida para garantizar la limitación de asentamientos previstos en la Normativa Vigente. La solución más apropiada es no enterrar los bloques para apoyarlos sobre el cimiento, sino realizar un zócalo que sobresalga del nivel del terreno una longitud no inferior a 30 cms.

Cuando se decida apoyar el muro de fábrica de bloques sobre la cimentación, deberán tomarse las precauciones necesarias incorporando barreras impermeables en la sección del muro para evitar la ascensión de agua por capilaridad, así como proteger la cara exterior del muro contra el terreno, realizando un drenaje cuando la profundidad y condiciones del terreno lo aconsejen (Palacios, 2017)

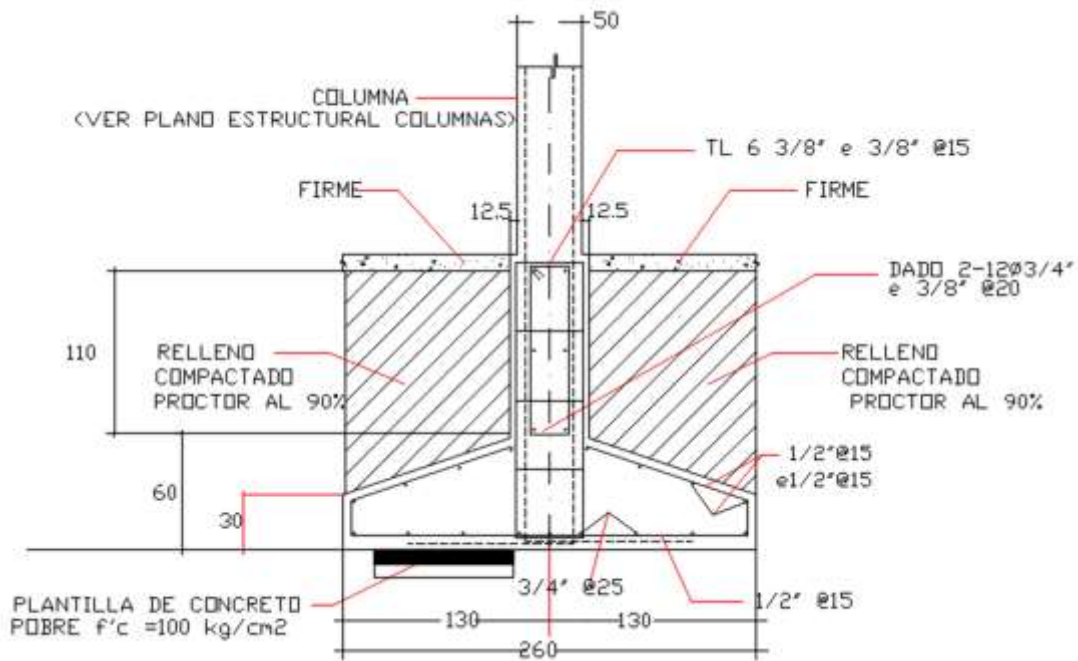


Imagen 60: Cimentación
Fuente: Elaboración propia (2020)

4.8. Recursos Materiales

Son los materiales que se van a utilizar para realizar los bloques





N°	GRAFICO	NOMBRE	CONCEPTO	CARACTERÍSTICAS
1		CEMENTO	Es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua.	-Buena resistencia al ataque químico. -Resistencia a temperaturas elevadas. -Refractario. -Resistencia inicial elevada que disminuye con el tiempo.
2		ÁRIDOS	Son materiales granulares inertes formados por fragmentos de roca o arenas utilizados en la construcción (edificación e infraestructuras) y en numerosas aplicaciones industriales.	- Tipo: 1 bulto -Capacidad: pies cúbicos 6, M3 0.17 -Angulo de Cargue 45° -Giro radial de la tolva 360° -RPM de la Tolva 32 - 35
3		ADITIVOS	Son aquellos productos que introducidos en el hormigón permiten modificar sus propiedades en una forma susceptible de ser prevista y controlada.	- Reducción del costo de la construcción del concreto. - Aumentar las especificaciones del concretos. -Asegurar la calidad del concreto, mezclado, transporte, colocación.
4		POLIESTIRENO EXPANDIDO	Es una espuma rígida de color blanco de gran trabajabilidad, caracterizada por un termoplástico celular de baja densidad y alta resistencia físico-mecánica en relación a su reducido peso aparente.	-Ligero, aunque resistente, blanco -Aislamiento térmico -Comportamiento frente al agua y vapor de agua: valores oscilando entre el 1% y el 3% en volumen

Tabla N. ° 39: Recursos Materiales

Fuente: Elaboración propia (2020)

FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO
CARRERA ARQUITECTURA



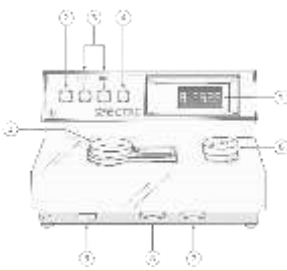


N°	GRAFICO	NOMBRE	CONCEPTO	CARACTERÍSTICAS
5		AGUA	Líquido transparente, incoloro, inodoro e insípido en estado puro, cuyas moléculas están formadas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. (Fórm. H ₂ O)	-Tamaños 12 hasta 110 Lts. -Panel de control. -Control digital PID -Temporizador digital de 99 Hr-59 Min. -Temperatura máxima de usabilidad 220°C.
6		MEZCLADORA DE CONCRETO	Es una máquina para elaborar el hormigón, el constructor tiene que hacer un gran esfuerzo físico porque bate piedra, arena, cemento y agua, que son materiales pesados.	- Tipo: 1 bulto -Capacidad: pies cúbicos 6, M3 0.17 -Angulo de Cargue 45° -Giro radial de la tolva 360° -RPM de la Tolva 32 - 35
7		BALANZAS	La balanza analítica es una clase de balanza utilizada principalmente para medir pequeñas masas.	-Mide el peso de un cuerpo, no la masa. -Se puede usar para medir tensiones -Está limitado por la elongación proporcional del resorte. -Su exactitud y precisión
8		TAMICES	Un tamiz es una malla metálica constituida por barras tejidas y que dejan un espacio entre sí por donde se hace pasar el alimento previamente triturado	-Capacidad hasta 6 Kg de muestra. -Movimiento tridimensional. -Permite el tamizado por vía húmeda y seca. -Controlada por microprocesador.
9		HORNO	La estufa de laboratorio o estufa de secado es un equipo imprescindible utilizado para secar y esterilizar los recipientes de vidrio y metal en un laboratorio.	-Tamaños 12 hasta 110 Lts. -Panel de control. -Control digital PID -Temporizador digital de 99 Hr-59 Min. -Temperatura máxima de usabilidad 220°C.

Tabla N. ° 40: Materia prima
Fuente: Elaboración propia (2020)

“INDOAMERICA”
FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO
CARRERA ARQUITECTURA





N°	GRAFICO	NOMBRE	CONCEPTO	CARACTERÍSTICAS
10		TANQUE	Líquido transparente, incoloro, inodoro e insípido en estado puro, cuyas moléculas están formadas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno.	Hoja de acero inoxidable con mango plástico. -Hoja de gran resistencia a altas temperaturas -Ofrece excelente resistencia a sustancias químicas
11		CEPILLO	Es un instrumento de diversos usos en la construcción. Según sea su material, forma y tipo se lo emplea para limpieza de superficies	-El alambre está hecho de metal que puede ser aluminio, cobre, bronce, latón Resistente a ácidos y productos químicos corrosivos
12		VARILLA DE ACERO	Es una clase de acero laminado diseñado especialmente para construir elementos estructurales de concreto armado.	-Pueden tener de 5 a 7 milímetros de diámetro. De largo pueden ir desde los 20 hasta los 50 centímetros. - Pueden ser de cristal, vidrio o hierro macizo.
13		PLACA DE VIDRIO	Es un instrumento de laboratorio, que consta de un recipiente redondo, de <u>crystal</u> o <u>plástico transparente</u> , de tamaño práctico, que permite aislar materiales biológicos en estudio.	-Es cilíndrica, En general está elaborada de vidrio de boro silicato. -Es reutilizable, ya que se puede someter a procesos de limpieza y esterilización. -Soporta temperaturas de entre 120 a 160 °C.
14		ESPÁTULA	En química, Es uno de los materiales de laboratorio. Se utiliza para tomar pequeñas cantidades de compuestos que son, básicamente, polvo.	-Hoja de acero inoxidable con mango plástico. -Hoja de gran resistencia a altas temperaturas -Ofrece excelente resistencia a sustancias químicas

Tabla N. ° 41: Equipo Utilizado
Fuente: Elaboración propia (2020)

FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO
CARRERA ARQUITECTURA






N°	GRAFICO	NOMBRE	CONCEPTO	CARACTERÍSTICAS
15		CUCHARÓN	Es una herramienta utilizada en los laboratorios de química para realizar eso mismo, combustiones.	-Cucharilla niquelada que consta de una varilla larga que al final cuenta con una cuchara pequeña.
16		BADILEJO	Pequeña paleta de hierro para mover mezclas de materiales en construcción. Se emplea para acabados, revoques y encluido	-El alambre está hecho de metal que puede ser aluminio, cobre, bronce, latón -Resistente a ácidos
17		MAZO DE GOMA	Es una herramienta de mano que sirve para golpear o percutir; tiene la forma de un martillo, pero es de mayor tamaño y peso	-El alambre está hecho de metal que puede ser aluminio, cobre, bronce, latón -Resistente a ácidos
18		CONO DE ABRAMS	Es un instrumento metálico que se utiliza en el ensayo que se le realiza al hormigón en su estado fresco para medir su consistencia.	-Pueden tener de 5 a 7 milímetros de diámetro. De largo pueden ir desde los 20 hasta los 50 centímetros. - Pueden ser de cristal, vidrio o hierro macizo.
19		DEFORMÍMETRO	Es el que mide la deformidad de los suelos o masa en general esto establece la densidad y la capacidad de utilización del lugar u objeto a utilizar	-Incluye 4 puntas: Bola de carburo. -2 funciones de lectura: pulgadas y métrica -Rango 0-1 " -Resolución: 0.0005 "/ .01mm / 1/128 pulgadas. -Precisión: +/- 0.001

Tabla N. ° 42: Secundario Herramientas
Fuente: Elaboración propia (2020)

“INDOAMERICA”
FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO
CARRERA ARQUITECTURA

N°	GRAFICO	NOMBRE	CONCEPTO	CARACTERÍSTICAS
20		TERMÓMETRO	Es un instrumento utilizado para medir la temperatura con un alto nivel de exactitud. Puede ser parcial o totalmente inmerso en la sustancia que se está midiendo	-Tubo de vidrio de unos 30 cm de largo. -Sensibilidad. -Bulbo fino. -Rango. -Escala de temperatura. -Sin válvula.
21		FIOLA	Es un instrumento que se utiliza en la mayoría de los casos para contener, almacenar y medir líquidos.	-El alambre está hecho de metal que puede ser aluminio, cobre, bronce, latón -Resistente a ácidos
22		PROBETA GRADUADA	Es un instrumento de laboratorio que se utiliza, sobre todo en análisis químico, para contener o medir volúmenes de líquidos de una forma aproximada.	-El alambre está hecho de metal que puede ser aluminio, cobre, bronce, latón -Resistente a ácidos
23		CANASTILLAS	Recipiente provisto de un asa o de mangos, utilizado para transportar o conservar provisiones o para preparar distintos alimentos	-Las dimensiones de la canastilla son 67,5 cm x 38 cm x 22 cm -El peso de la tapa es de máximo 7 kg - El diámetro de los agujeros es de 5/8”.
24		GUANTES	Son un tipo de guante fabricado de elastómeros. Tienen su principal uso en los trabajos relacionados con elementos químicos y/o que requieren limpieza.	-Es cilíndrica, En general está elaborada de vidrio de boro silicato. -Es reutilizable, ya que se puede someter a procesos de limpieza y esterilización. -Soporta temperaturas de entre 120 a 160 °C

Tabla N. ° 43: Instrumentales de Herramientas
Fuente: Elaboración propia (2020)

FACULTAD DE ARQUITECTURA, ARTES Y DISEÑO
CARRERA ARQUITECTURA




N°	GRAFICO	NOMBRE	CONCEPTO	CARACTERÍSTICAS
25		BALDES	Es un recipiente o vasija en forma de tronco de cono invertido para que su concavidad pueda retener sustancias fluidas.	-El alambre está hecho de metal que puede ser aluminio, cobre, bronce, latón.
26		COMPUTADORA	Máquina electrónica capaz de almacenar información y tratarla automáticamente.	-Procesador Core i3 o Core i5 (preferible séptima generación) -Memoria RAM de 4 GB a 8 GB. Disco duro de 500 GB o superior.
27		CÁMARA FOTOGRAFICA	Es un dispositivo tecnológico que tiene como objetivo o función principal el tomar imágenes quietas de situaciones, personas, paisajes o eventos.	-Visor réflex o de pentaprisma. -Objetivos intercambiables. -Fotómetro. -Zapata de conexión para flash externo. -Control (anillo) de enfoque manual.

Tabla N. ° 44: Manejado de Herramientas
Fuente: Elaboración propia (2020)

5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

A partir de los resultados y la experiencia desarrollada en el presente trabajo se puede concluir lo siguiente:

- Queda demostrado según este trabajo y estudios anteriores que el poliestireno expandido modificado (MEPS) tiene y cumple con todas las normas para ser considerado como materia prima para crear hormigón estructural liviano de alta resistencia, por sus cualidades tanto en capacidad de soporte, peso, trabajabilidad y economía.
- Se concluye del proceso de reciclaje, que reducirá de manera significativa la contaminación no solo visual ambiental y atmosférica, sino que también ayuda a la flora y fauna de nuestro ecosistema para minimizar el impacto ambiental ocasionado por este material.
- agregado liviano para hormigones, a través de un estudio más detallado se pueden conocer aún más sus propiedades, transformándolo en un material reciclable y económico.
- El uso de poliestireno expandido modificado en reemplazo del agregado grueso natural, aun cuando, estos sean bien combinados con material fino puede ofrecer una banda granulométrica, que puede entregar resistencias adecuadas a diversas aplicaciones, en un inicio no estructurales.
- La granulometría, y la forma estriada y chancada del poliestireno expandido modificado, permite una buena adherencia al hormigón, sin presencia de desprendimientos, segregación o una mala distribución dentro del hormigón ya endurecido.
- No hubo necesidad de utilizar algún tratamiento químico o físico en el poliestireno expandido modificado para que pudiese ofrecer una mejor adherencia al hormigón, esto implica una buena economía en los procesos de construcción.
- El límite para obtener un hormigón liviano de alta resistencia, con la dosificación estudiada, puede definirse cercana a un 70% de poliestireno expandido modificado en reemplazo de material granular, obteniendo un 35% menos de resistencia a compresión axial (16,7 Mpa). 10° El hormigón con una alta presencia de poliestireno expandido modificado, se presenta como un material adecuado para estructuras que especifiquen una alta capacidad a la resistencia de impactos debido a su aumento en el módulo de elasticidad secante.

- La posibilidad de reciclar el poliestireno expandido a gran escala, para la producción de poliestireno expandido modificado, ayuda de gran manera a la reducción de contaminación para el medio ambiente, destinando esos residuos a un nuevo material de construcción.
- Las ventajas en la industria de la construcción son variadas ya que el diseño de hormigón encontrado cumple con las garantías de resistencia y durabilidad por lo que su uso en la construcción puede darse en elementos prefabricados como cubiertas, pilares, sistemas de muros portantes, casetas, vigas, columnas pilotes entre otros.
- La desventaja que este material ofrece en cuanto su utilización es que está formado por el 2% de material sólido y un 98% de aire, lo cual modifica sus propiedades físico-mecánicas como se pudo observar en la resistencia y densidad de la investigación.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda identificar los cambios que experimentaría el hormigón no solo al sustituir la arena por el EPS sino también la grava, incluso se pueden utilizar perlas con otras densidades y granulometrías.
- Se pueden ensayar hormigones con tamaños mayores de árido grueso para identificar la posible variabilidad en la resistencia y el peso de los mismos.
- Con el fin de identificar la factibilidad del uso de estos hormigones en la industria de la construcción, se puede llevar a cabo un análisis económico.
- Debido a que la mezcla realizada se evidencia poca trabajabilidad y baja capacidad de manejo se recomienda realizar un vibrado mecánico de alta potencia que permita el mejor acomodo de partículas y en consecuencia de esto la ganancia de resistencia.
- Para esta investigación se visualizó que para obtener un hormigón de baja densidad y alta resistencia los resultados indicaron que el porcentaje idóneo de adicción a la mezcla, está entre los rangos de 1% al 10%. Por ello se recomienda realizar la investigación continua a este proyecto, en la que se investigará el porcentaje óptimo de adicción a la mezcla para mejorar sus propiedades. Se cuenta con la materia prima la misma que está ubicada en las instalaciones del laboratorio de ensayo de materiales

- Se debe tener en cuenta una exacta dosificación de agua, ya que un exceso de esta puede ocasionar una mezcla no cohesiva y segregación del material en la superficie por lo que se recomienda tener una mezcla homogénea.
- Serán recomendables únicamente para losas alivianadas debido a su peso y a su resistencia de 0.52 a la compresión considerada como óptima para nuestro análisis ya que no existe aún ninguna Norma INEN para bloques de concreto alivianado con poliestireno.
- Implementar controles adecuados de la dosificación de los materiales en volumen, por cuanto al momento de ser estos colocados en carretillas, baldes o parihuelas unas veces se llenan más y otras veces se llenan menos, provocando una variación en cada parada lo que hace variar su peso y resistencia a la compresión.
- Se deberá controlar la duración del vibrado de la máquina, por cuanto una de las causas de rotura de los bloques es que no está bien consolidado, es decir la vibración no se la hizo con el tiempo adecuado. Así el vibrado se deberá realizar por capas y por lo menos 15 a 20 segundos.

ANEXOS

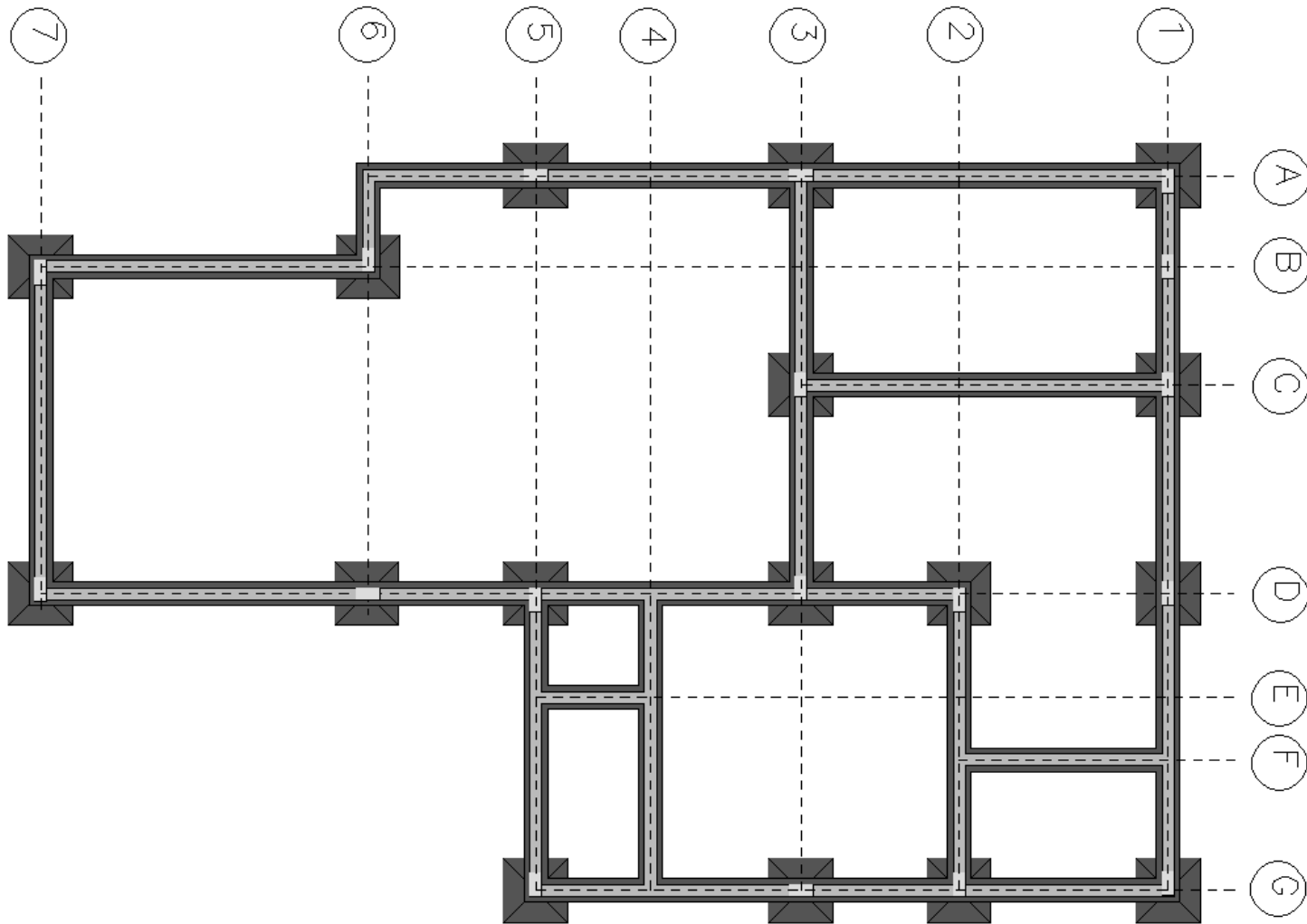


Imagen N. ° 61: Cimientos
Fuente: Elaboración propia (2020)

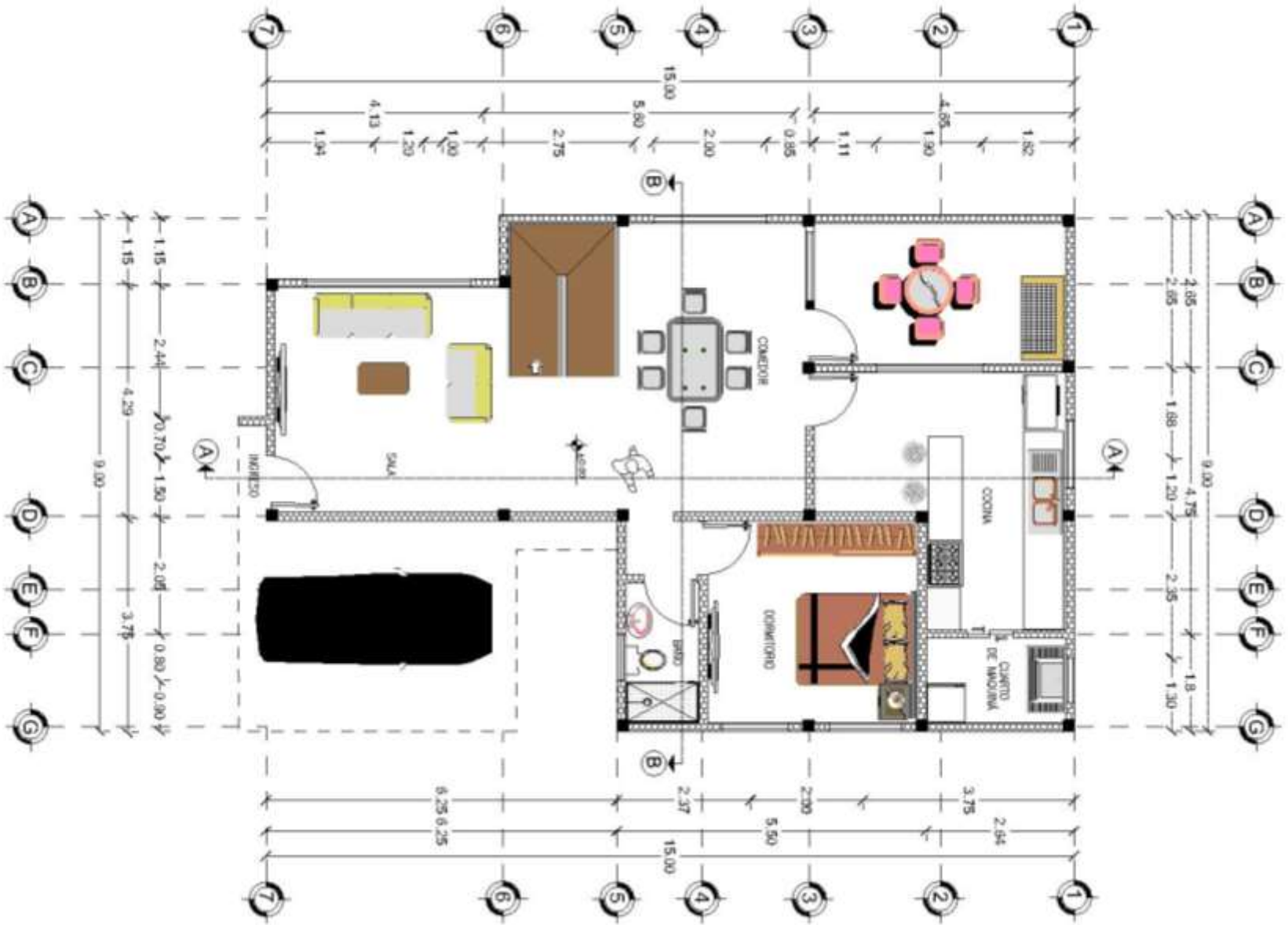
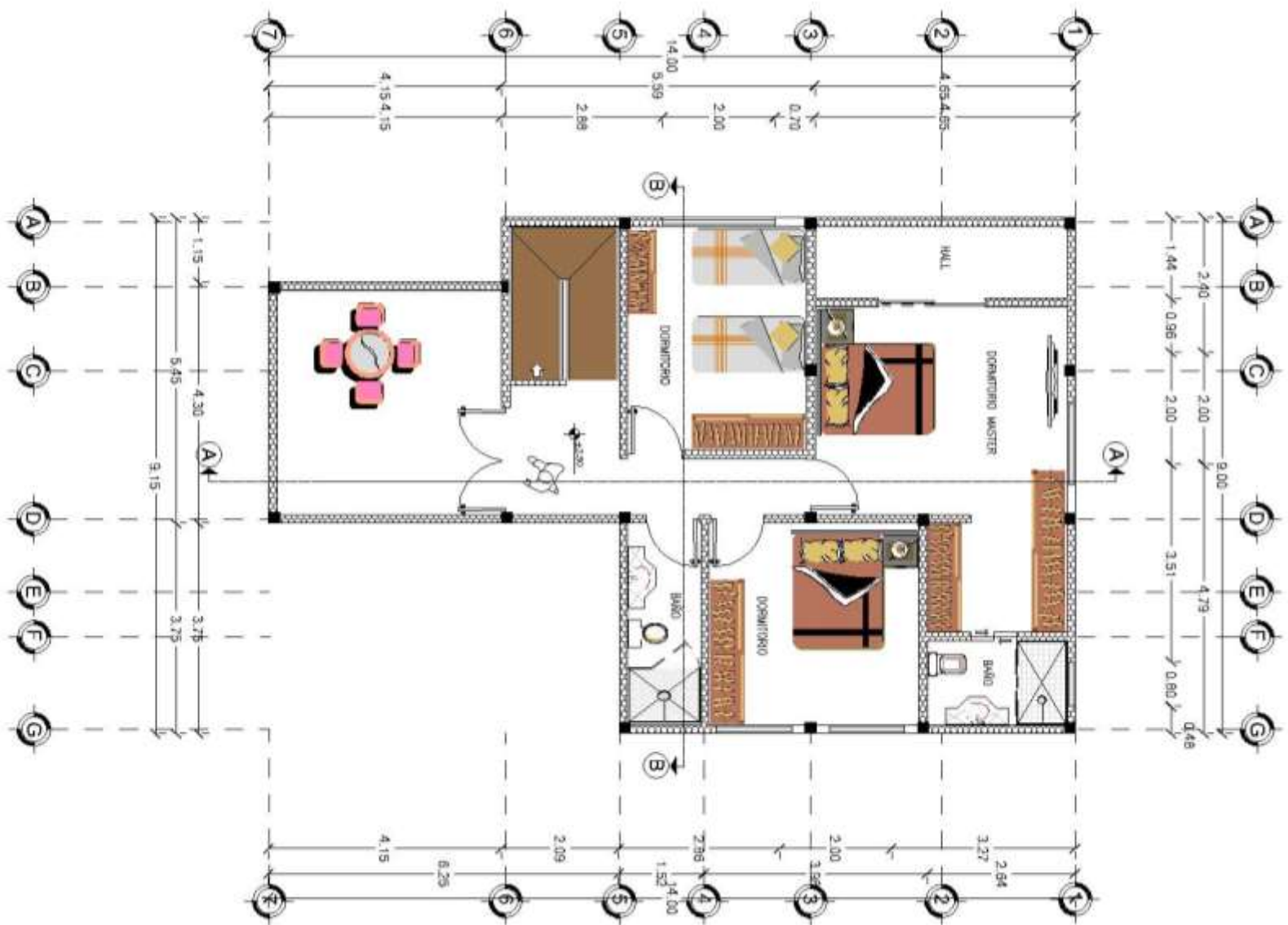


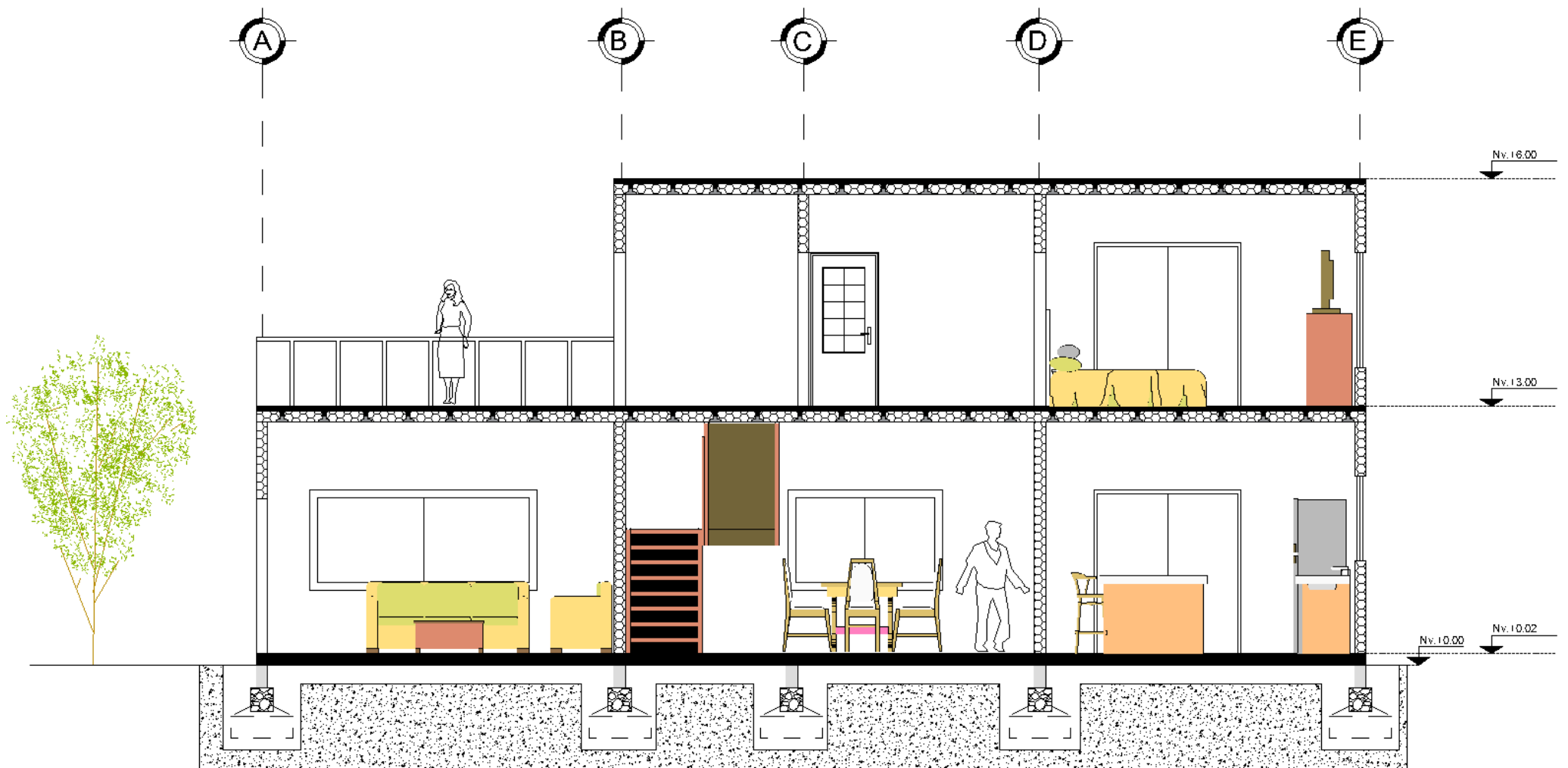
Imagen N. ° 62: Planta Baja
Fuente: Elaboración propia (2020)



Planta Alta

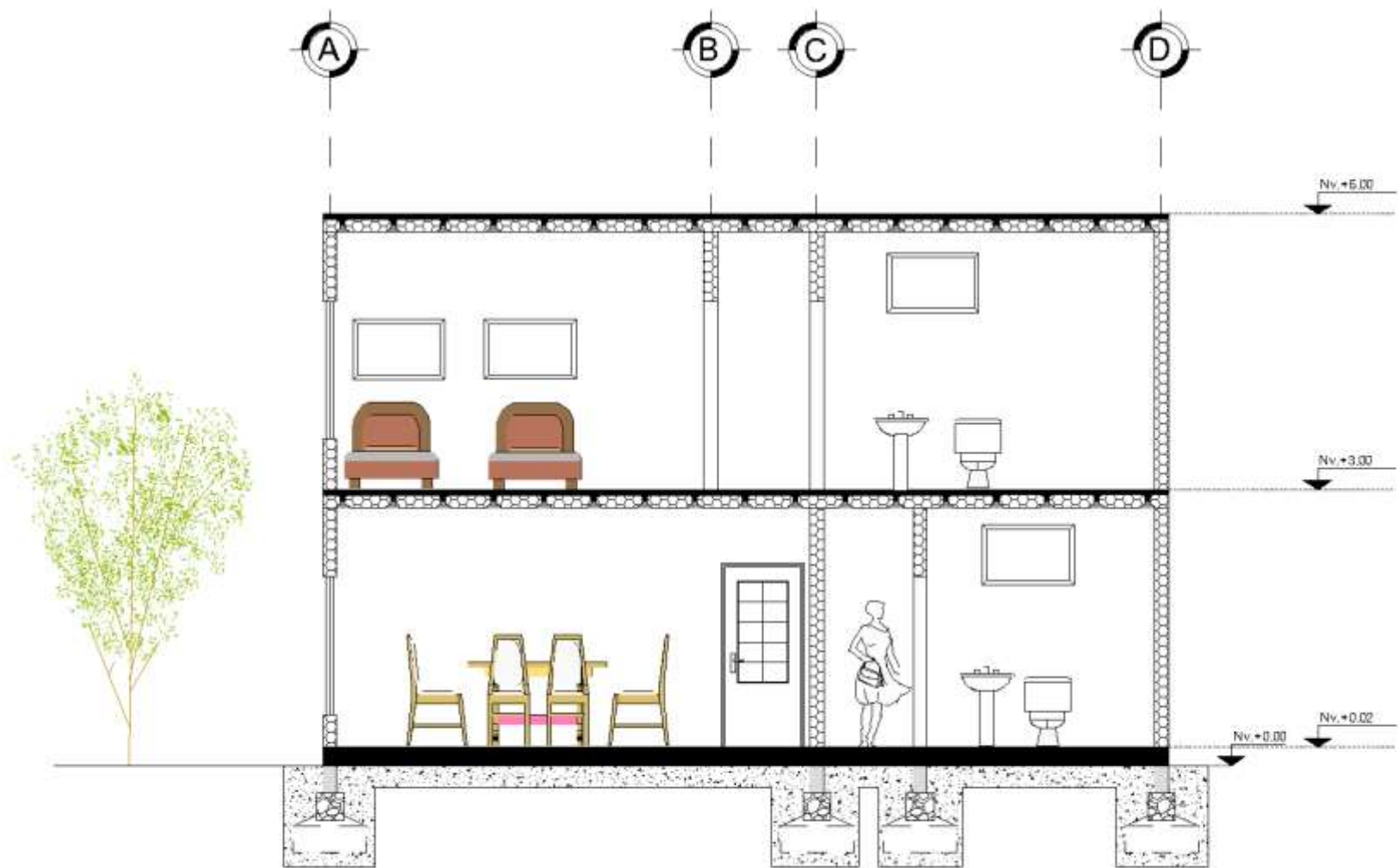
ESC: 1:100

Imagen N. ° 63: Planta Alta
Fuente: Elaboración propia (2020)



CORTE A-A
 ESC: ————— 1:100

Imagen N. ° 64: Corte A-A
 Fuente: Elaboración propia (2020)



CORTE A-A

ESC: _____ 1:100



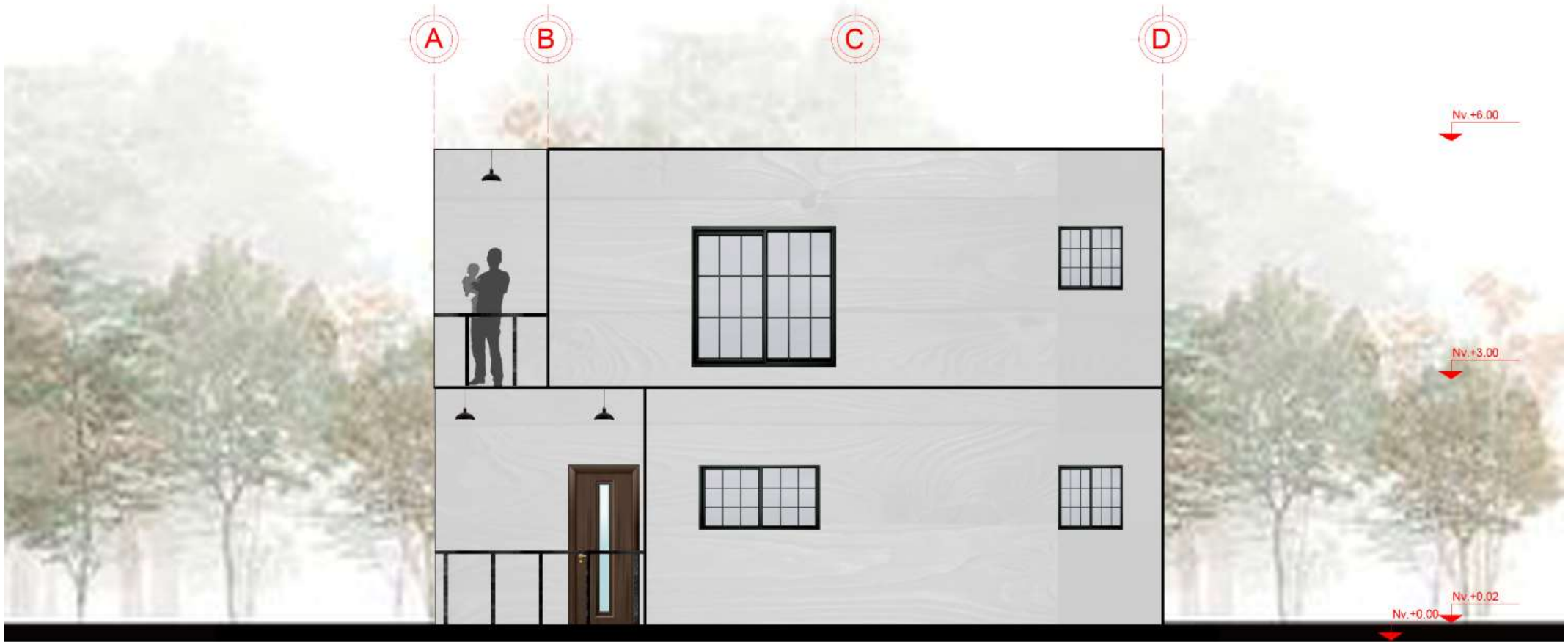
Imagen N. ° 66: Fachada Lat. Izquierdo
Fuente: Elaboración propia (2020)

Fachada Lat. Izquierdo
ESC: 1:100



Fachada Lat. Derecho
ESC: 1:100

Imagen N. ° 67: Fachada Lat. Derecho
Fuente: Elaboración propia (2020)



Fachada Lat. Izquierdo

ESC: _____ 1:100

Imagen N. ° 68: Fachada Lat. Izquierdo

Fuente: Elaboración propia (2020)



Fachada Frontal

ESC: ————— 1:100

Imagen N. ° 69: Fachada Frontal
Fuente: Elaboración propia (2020)



Imagen N. ° 70: Vista
Fuente: Elaboración propia (2020)





BIBLIOGRAFÍA

- Lapa Ramos, J. S. (2020). Efecto del poliestireno expandido en las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería de concreto en la ciudad de Huancayo.
- Tapia Batallas, L. E. (2015). Diseño de una planta para la fabricación de paneles de yeso con la adición de piedra pómez y polipropileno como materiales alternativos (Bachelor's thesis, Quito, 2015.).
- Aguilera Medina, J. A. (2017). Investigación de materiales usados en la construcción de envolventes que permitan mejorar el confort térmico en edificaciones unifamiliares, Guayaquil, 2016 (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil: Facultad de Arquitectura y Urbanismo).
- Paez Velasco, A. V. (2013). Proyecto de factibilidad para la exportación de mortero pegante de cerámica a Colombia 2013-2022 (Bachelor's thesis, universidad tecnologica equinoccial. facultad: ciencias económicas y negocios).
- Cansario Pérez, M. D. M. (2015). Sistema constructivo de paneles aligerados con poliestireno expandido y malla electrosoldada espacial: estudio estructural y optimización. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Abarco Carrió, J. (2018). La evolución de los sistemas constructivos en la edificación. Procedimientos para su industrialización.
- Alvarado Aparicio, y Cansario E. (2015). Calidad ambiental electromagnética: atenuación de las radiaciones electromagnéticas en los espacios habitados (Doctoral dissertation, Arquitectura).
- Mateo Lopez, S. (2019). Estructura para la reducción de la sección recta radar.

- Newmar Valiente, I. (2018). Estudio numérico de la propagación de ondas electromagnéticas en metamateriales doblemente negativos.
- Terreros, V. M., & Manuel, C. (2013). Transmisión de energía vía resonancias magnéticas fuertemente acopladas. Nuevos tipos de resonadores.
- Pasalich Contreras, L. J. (2016). Reflexión de ondas acústicas en medios periódicos.
- Anape, F. J. G. (2015). Mezclas de residuos de poliestireno expandido (EPS) conglomerados con yeso o escayola para su uso en la construcción. *Informes de la Construcción*, 60(509), 35-43.
- Rivera z-Mas, V., & García-Alcocel, E. (2015). Physical and mechanical characterization of Portland cement mortars made with expanded polystyrene particles addition (EPS). *Materiales de construccion*, 62(308), 547-566.
- López, C. M., & Canepa, J. R. L. (2016). Poliestireno expandido (EPS) y su problemática ambiental. *Kuxulkab*, 19(36).
- Demirboğa, F. J., Saltos, P., Aldás, M., & Chango, J. I. (2016). Reciclaje de Poliestireno Expandido por el Método de Disolución Precipitación. *Revista Politécnica*, 36(2), 80-80.
- Canché, J. C., Nah, J. C., Castellanos, R. G., Estrada, R. C., & Baeza, J. C. (2014). Aprovechamiento de nuevos productos en base a poliestireno expandido recuperado. *Revista Colombiana de Materiales*, (5), 15-20.

