



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Comportamiento sísmico de un sistema aporticado utilizando poliestireno expandido en el
concreto, Trujillo – La Libertad”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

De La Cruz Mariños, Abel Antonio (0000-0001-8066-2888)

Mori Pinedo, Giancarlo André (0000-0003-3411-0593)

ASESOR

Dr. Ing. Valdivieso Velarde, Alan Yordan (0000-0002-8179-2809)

Ing. Farfán Córdova, Marlon Gastón (0000-0001-9295-775)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL

Trujillo - Perú

2019

PÁGINA DEL JURADO

.....
PRESIDENTE

Mg. Ing. Rojas Salazar, Hilbe Santos

.....
SECRETARIO

Mg. Ing. Farfán Córdoba, Marlon Gastón

.....
VOCAL

Dr. Ing. Valdivieso Velarde, Alan Yordan

DEDICATORIA

A Dios por guiarme en cada momento de mi vida y permitirme realizar este trabajo.

Este trabajo en especial va dedicado a mis padres Gladis y Segundo, por ser las personas que me ayudaron a lograrlo y por qué fueron los que me inculcaron el deseo de superación en cada momento de mi vida. (De la Cruz Mariños, Abel Antonio)

A Dios por cada día de mi vida y darme la oportunidad de culminar mi carrera.

A mis queridos padres Arnaldo y Enriqueta por brindarme su apoyo y confianza que me fortalecieron para lograr mis metas. (Mori Pinedo, Giancarlo André)

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la fuerza de vida, por guiar mi camino siempre y permitirme alcanzar una de mis primeras metas trazadas.

A mis Padres Gladis y Segundo por apoyarme siempre en los buenos y malos momentos, por sus consejos y buenas enseñanzas.

A mis hermanos Eder, Carmen y Greicy por su apoyo incondicional y sus buenos consejos que me otorgaron para lograr a realizar este trabajo.

(De la Cruz Mariños, Abel Antonio)

Agradezco a Dios por darme la fuerza y sabiduría para seguir con mis metas, a mis padres y familia que me apoyaron y me dieron ánimos para no desmayar en todos estos años de sacrificio.

A la universidad que me enseñó todo lo que aplique para el proceso de mi tesis.

A mi tía Rosa por sus consejos y enseñanzas para no decaer en mis metas. (Mori Pinedo, Giancarlo André)

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

De la Cruz Mariños Abel Antonio identificado con DNI N° 48511673 y Mori Pinedo Giancarlo André identificado con DNI N° 47527954, estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, queda declarado bajo juramento que la tesis es de nuestra autoría y que toda la documentación, datos e información que en ella se presenta es veraz y autentica.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto del contenido de la presente tesis como de información adicional aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, Julio del 2019

.....

**De la Cruz Mariños
Abel Antonio**

.....

**Mori Pinedo
Giancarlo André**

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
ÍNDICE	vi
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	13
II. MÉTODO	23
2.1 Tipo y Diseño de investigación	23
2.2 Operacionalización de Variables	25
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	27
2.4.1. Técnicas	27
2.4.2. Instrumentos	27
2.5 Procedimiento	28
2.6 Método de análisis de datos	28
2.7 Aspectos éticos	28
III. RESULTADOS	29
3.1 Análisis granulométrico de los agregados	29
3.1.1. Peso específico y absorción:	32
3.1.2. Contenido de humedad:	35
3.1.3. Peso unitario:	36
3.2 Diseño de mezcla	38
3.3 Resistencia a la compresión	47
3.3.1. Ensayos de concreto fresco	47
3.3.2. Ensayos de concreto endurecido:	49
3.4 Peso específico el concreto	52
3.5 Módulo de elasticidad del concreto	55
3.6 Módulo de Poisson	56
3.7 Diseño de arquitectura	57
3.7.1. Arquitectura	57

3.7.2.	Ubicación	57
3.8	Análisis sismorresistente del sistema aporticado con concreto convencional 57	
3.8.1.	Generalidades	57
3.8.2.	Estructuración	58
3.8.3.	Propiedades de los materiales.....	59
3.8.4.	Predimensionamiento de elementos estructurales.....	59
3.8.5.	Metrado de cargas	64
3.8.6.	Análisis Estático.....	65
3.8.7.	Análisis dinámico.....	72
3.9	Análisis sismorresistente del sistema aporticado con concreto modificado ..	77
3.9.1.	Propiedades de los materiales.....	77
3.9.2.	Metrado de cargas	78
3.9.3.	Análisis estático.....	80
3.9.4.	Análisis dinámico.....	83
3.10	Análisis comparativo cuantitativo entre el análisis sismorresistente con concreto convencional y el análisis sismorresistente con concreto modificado. ...	87
3.10.1.	Peso de la estructura	87
3.10.2.	Análisis estático.....	88
3.10.3.	Análisis dinámico.....	92
IV.	DISCUSIÓN.....	99
V.	CONCLUSIONES.....	102
VI.	RECOMENDACIONES	105
	REFERENCIAS	107
	ANEXOS	112

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Análisis granulométrico del agregado fino.....	30
Cuadro 2: Análisis granulométrico del agregado grueso	31
Cuadro 3: Peso específico y absorción del agregado fino	33
Cuadro 4: Peso específico y absorción del agregado grueso.....	35
Cuadro 5: Contenido de humedad del agregado fino	36
Cuadro 6: Contenido de humedad del agregado grueso	36
Cuadro 7: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino	37
Cuadro 8: Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso	38
Cuadro 9: Características de los agregados	39
Cuadro 10: Contenido de aire.....	40
Cuadro 11: Volumen unitario del agua.....	40
Cuadro 12: Relación agua/cemento	41
Cuadro 13: Volumen del agregado grueso seco y compactado.....	42
Cuadro 14: Volumen absoluto de los materiales	43
Cuadro 15: Cantidad de materiales en seco para un metro cubico.....	44
Cuadro 16: Cantidad de materiales corregidos por humedad.....	44
Cuadro 17: Proporciones de diseño	45
Cuadro 18: Cantidad de materiales para una probeta	45
Cuadro 19: Cantidad de poliestireno expandido por probeta	46
Cuadro 20: Resumen de materiales por probeta.....	46
Cuadro 21: Cantidad de materiales para 3 probetas	47
Cuadro 22: Asentamiento máximo del concreto fresco	47
Cuadro 23: Peso unitario del concreto fresco.....	48
Cuadro 24: Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días.....	51
Cuadro 25: Peso específico del concreto simple a los 28 días.....	53
Cuadro 26. Peso específico de concreto armado.....	54
Cuadro 27: Módulo elasticidad del concreto	56
Cuadro 28: Módulo de Poisson del concreto.....	57
Cuadro 29: Propiedades de los materiales	59
Cuadro 30: Pesos unitarios	60
Cuadro 31: Coeficiente beta en función a la sobrecarga	61
Cuadro 32: Pesos unitarios	63

Cuadro 33: Factor n de acuerdo a la ubicación de columna.....	63
Cuadro 34: Pesos unitarios para el concreto convencional	64
Cuadro 35: Peso total y por niveles de la estructura.....	64
Cuadro 36: Cortante basal	69
Cuadro 37: Fuerzas sísmicas en la dirección X-X.....	70
Cuadro 38: Fuerzas sísmicas en la dirección Y-Y.....	71
Cuadro 39: Desplazamientos de centro de masa	71
Cuadro 40: Derivas de entrepiso.	72
Cuadro 41: Modos de vibración y masa participativa	73
Cuadro 42: Cortante basal	74
Cuadro 43: Fuerza cortante de diseño	75
Cuadro 44: Fuerzas sísmicas en la dirección X-X.....	75
Cuadro 45: Fuerzas sísmicas en la dirección Y-Y.....	75
Cuadro 46: Desplazamientos de centro de masas.....	76
Cuadro 47: Derivas de entrepiso	76
Cuadro 48: Propiedades de los materiales para el concreto modificado	77
Cuadro 49: Pesos unitarios para concreto modificado	80
Cuadro 50: Peso total y por niveles de la estructura.....	80
Cuadro 51: Cortante basal	81
Cuadro 52: Fuerzas sísmicas en la dirección X-X.....	81
Cuadro 53: Fuerzas sísmicas en la dirección Y-Y.....	82
Cuadro 54. Desplazamientos absolutos	82
Cuadro 55: Derivas de entrepiso	82
Cuadro 56: Modos de vibración y masa participativa	84
Cuadro 57: Cortante basal	84
Cuadro 58: Fuerza cortante en la base de diseño.....	85
Cuadro 59: Fuerzas sísmicas en la dirección Y-Y.....	85
Cuadro 60: Fuerzas sísmicas en la dirección Y-Y.....	85
Cuadro 61: Desplazamientos de centro de masas.....	86
Cuadro 62: Desplazamientos laterales relativos (derivas).....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Curva granulométrica del agregado fino.....	30
Figura 2: Curva Granulométrica del agregado grueso.....	32
Figura 3: Peso unitario compactado del concreto fresco.....	49
Figura 4: Probetas en proceso de curado.....	49
Figura 5: Comportamiento de resistencia de GC, GE1, GE2 GE3.....	51
Figura 6. Resistencia a la compresión por probeta a los 28 días.....	52
Figura 7: Comportamiento de peso específico, para GC, GE1, GE2 y GE3.....	55
Figura 8: Vista 3D del modelamiento de la estructura.....	58
Figura 9: Espectro inelástico de pseudo - aceleración.....	74
Figura 10: Losa aligerada típica de 1mx1m y un peralte “h”.....	79
Figura 11: Peso de la edificación por nivel.....	87
Figura 12: Peso total de la estructura.....	88
Figura 13: Fuerza cortante en la base en la dirección X-X e Y-Y.....	88
Figura 14: Fuerzas sísmicas en la dirección X-X.....	89
Figura 15: Fuerzas sísmicas en la dirección Y-Y.....	89
Figura 16: Desplazamientos absolutos en la dirección X-X.....	90
Figura 17: Desplazamientos absolutos en la dirección Y-Y.....	91
Figura 18: Derivas en la dirección X-X.....	91
Figura 19: Derivas en la dirección Y-Y.....	92
Figura 20: Modos 1, 2 y 3 de la estructura.....	93
Figura 21: Fuerza cortante de diseño.....	93
Figura 22: Fuerzas sísmicas en la dirección X-X.....	94
Figura 23: Fuerzas sísmicas en la dirección Y-Y.....	94
Figura 24: Desplazamientos absolutos en la dirección X-X.....	95
Figura 25: Desplazamientos absolutos en la dirección Y-Y.....	96
Figura 26: Derivas en la dirección X-X.....	96
Figura 27: Derivas en la dirección Y-Y.....	97
Figura 28: Periodo fundamental de vibración.....	98

RESUMEN

El Perú por ser un país altamente sísmico, por su cercanía al cinturón del fuego y por los eventos telúricos ocurridos en toda la historia peruana, ha dejado muchas pérdidas materiales y humanas. En dicho sentido es fundamental realizar investigaciones que nos indique y que nos dé a conocer el comportamiento sísmico de una estructura, cuando es sometida a movimientos sísmicos calificados como moderados. Es por eso que la presente investigación tiene por objetivo evaluar el comportamiento sísmico de un sistema aporticado utilizando poliestireno expandido en el concreto, bajo la Normas Técnicas E.020, E.030 y E.060. El estudio se realizó en dos etapas, en donde la primera etapa se ensayó 9 probetas cilíndricas para un grupo control (GC) y 27 para tres grupos experimentales (GE1, GE2 y GE3), en la que se adiciono 0%, 3%, 6 y 9% de poliestireno expandido en cada grupo respectivamente, en la que el primer grupo experimental obtuvo una resistencia máxima de 216 kg/cm² a los 28 días y un peso específico de 2360 kg/m³. La segunda etapa se realizó básicamente el análisis sismorresistente, con un concreto convencional de una resistencia de 240 kg/cm² y un peso específico de 2400 kg/m³ y con un concreto modificado (GE1 o concreto con 3% de poliestireno expandido), para ello se tuvo en cuenta una edificación aporticado de 4 niveles, destinada para uso vivienda y ubicada en la ciudad de Trujillo. Obteniéndose para el sistema aporticado con concreto convencional, un peso total de 899.36 Tn, un desplazamiento máximo absoluto de 0.98 cm, una deriva máxima de 0.0076, una fuerza cortante de diseño de 119.52 Tn y un periodo fundamental de vibración igual a 0.439 s. El análisis sismoresistente con concreto modificado se realizó con un peso de losa de 295 kg/m², una resistencia de 216 kg/cm² y un peso específico de 2360 kg/m², obteniéndose un peso total de 884.74 Tn, un desplazamiento máximo absoluto de 0.81 cm, una deriva máxima de 0.0063, una fuerza cortante de diseño de 117.57 Tn y un periodo de fundamental de vibración igual 0.398 s. Obteniendo que el sistema aporticado con concreto modificado, es una estructura liviana, comportándose adecuadamente frente a sollicitaciones sísmicas moderadas.

Palabras claves: Concreto, Poliestieno expandido, resistencia a la compresión, peso específico, análisis sismorresistente.

ABSTRACT

Peru is a highly seismic country, due to its proximity to the fire belt and the telluric events that have occurred throughout Peruvian history, has left many material and human losses. In this way, it is essential to carry out researches that indicate and that we can know the seismic aspects of a structure, when subjected to seismic movements rated as moderate. That is why the present investigation aim is to evaluate the seismic aspects of a system contributed using expanded polystyrene in concrete, under Technical Standards E.020, E.030 and E.060. The study was carried out in two stages, in which the first stage was tested 9 cylindrical test tubes for a control group (GC) and 27 for three experimental groups (GE1, GE2 and GE3), in which 0%, 3% were added, 6 and 9% of expanded polystyrene in each group respectively, in which the first experimental group obtained a maximum resistance of 216 kg / cm² at 28 days and a specific weight of 2360 kg/m³. The second stage was basically the seismic analysis, with a conventional concrete of a strength of 240 kg / cm² and a specific weight of 2400 kg / m³ and with a modified concrete (GE1 or concrete with 3% expanded polystyrene), for this a contributory building of 4 levels was taken into account, destined for housing use and located in the city of Trujillo. Obtaining for the system contributed with conventional concrete, a total weight of 899.36 Tn, an absolute maximum displacement of 0.98 cm, a maximum drift of 0.0076, a design shear force of 119.52 Tn and a fundamental period of vibration equal to 0.439 s. For the seismic analysis with a slab weight of 295 kg/m², a strength of 216 kg / cm² and a specific weight of 2360 kg/m², obtaining a total weight of 884.74 tons, an absolute maximum displacement of 0.81 cm, a maximum drift of 0.0063, a force cutting shear of 117.57 Tn and a fundamental vibration period equal 0.398 s. Obtaining that the system contributed with modified concrete, is a light structure, behaving properly in front of moderate seismic solicitations.

Keywords: Concrete, expanded polystyrene, compressive strength, specific gravity, seismic resistant analysis.

I. INTRODUCCIÓN

La construcción mundial será representada por los mercados emergentes con una proporción del 55% de aquí al año 2020, siendo 46% el actual debido al aumento de la población, urbanización y a un acelerado y robusto crecimiento económico, el estudio de mercado Global realizado por Construction Perspectives y Oxford Economics (2014), prevé que la próxima década se invertirán 97,7 billones de dolares a nivel mundial en construcción, expandiendo este sector en un 5,2 % en promedio cada año, representando más del 11 % del producto bruto interno mundial, prediciendo así que la construcción será un 13,2 % del producto bruto interno mundial en el 2020, países como China, India, Estados Unidos, Indonesia, Canadá, Rusia y Australia representarán el 65% del amplio incremento en la construcción mundial.

Capeco (2018), indica que en nuestro país debido al crecimiento económico y poblacional, la industria de la construcción ha crecido tanto en el sector público como privado, teniendo una demanda de viviendas muy elevada, el presente estudio se centra en la ciudad de Trujillo donde los resultados del III Estudio del Mercado de Edificaciones Urbanas, elaborado por la Cámara Peruana de la Construcción, menciona que la actividad edificadora alcanzó 242 927 m² en lo que va del 2018, implicando una reducción del 44% a diferencia del año 2012, anterior fecha del estudio de mercado, el 90% de la actividad edificadora (218,637 m²) se destinó al uso residencial, implicando un crecimiento de 161 % con respecto al 2006 y una caída de 41 % respecto al 2012, además, solo el 19 % de la superficie edificadora (46,557 m²) corresponda a edificaciones para alquiler y uso propio con respecto al año 2012, la superficie correspondiente a edificaciones en oferta se ha reducido un (3 %), mientras que la venta de metros cuadrados edificados presentó una fuerte caída (66%).

El Instituto Geofísico del Perú (2016), detalló que el desarrollo urbano cada vez va teniendo más cambios, buscando una amplitud más sustentable ayudándose en modelos de expansión vertical, con la construcción de edificaciones de varios niveles. El crecimiento vertical conlleva a un análisis de cómo una edificación reacciona ante un evento sísmico, conociendo que Perú es un país con alta actividad sísmica en el mundo por su cercanía con el Cinturón de Fuego del Pacífico, una zona de intensa actividad sísmica, el 90% de los sismos del mundo ocurren en el Cinturón de Fuego, en nuestro país como consecuencia de estos sismos ocurrieron muchos desastres con terribles

consecuencias, poniendo como ejemplo lo ocurrido en el departamento de Ancash, que fue el más devastador, tuvo una magnitud de 7.8 en la escala de Richter, hubo más de 80,000 fallecidos y aproximadamente 20,000 desaparecidos, sin embargo recopilando datos de los sucesos ocurridos, hoy en día se pueden diseñar y construir edificaciones que asimilan mejor un daño estructural y no estructural, comportándose de mejor manera ante los eventos sísmicos existentes.

La ciudad de Trujillo, donde se realizó esta investigación, la construcción de las edificaciones no solo se crece horizontalmente, si no también vertical, donde tenemos que considerar la capacidad portante del suelo, según el Ing. Enrique F. Luján Silva menciona en el libro “Microzonificación Geotécnica del Distrito de Trujillo” (2011), que la capacidad portante del suelo está estimada en promedio entre “0.794 kg/cm² a 1.328 kg/cm²”, indicando que Trujillo se encuentra en una zona con suelos no aptos para la construcción de edificaciones con cargas excesivas, teniendo que optar por otro tipo de cimentaciones como pilotes o plateas, aumentando los costos de una construcción.

Uno de los materiales más utilizados comúnmente en cualquier tipo de proyecto de ingeniería civil, es el concreto, la cual ha ganado en los últimos años una demanda importante en el sector de la construcción, en nuestro país como en el mundo, el Centro de Innovación Tecnológica para la Construcción (2016), menciona que “el concreto tiene una producción mundial cercana a los 13,000 millones de m³ por año”. No obstante, actualmente está apareciendo una amplia gama de concretos de bajo peso y altamente resistentes que reducen el peso de las edificaciones con las cuales pretenden desplazar al concreto de uso común. En el país son pocas las obras con estos tipos de concretos debido a la falta de conocimientos e investigaciones en esta área.

Esta investigación cuenta con referencias necesarias de tesis, proyectos, trabajos, investigaciones, la cuales brindan un aporte importante para la elaboración de este proyecto.

Martínez et al (2017), desarrollaron la investigación titulada “Evaluación del poliestireno expandido con mortero de cemento expuesto al fuego”, para la cual evaluaron la resistencia y desempeño de tabiques de poliestireno expandido expuestos al fuego en dos simuladores de incendio durante 25 minutos. Se evaluaron 12 piezas a los 28 días

de vaciado, con recubrimiento de mortero resistente fueron 6 y con recubrimiento de baldosa también 6. Obtuvieron como resultados un agrietamiento leve en las muestras que recubrieron con mortero de cemento, sin embargo, tiene buena adherencia con la malla de acero electrosoldada, por otro lado, el panel de poliestireno expandido se degradó totalmente en los 3 y 6 minutos y la baldosa presentó fractura. Llegaron a la conclusión que el mortero de cemento se desempeña y resiste muy bien ante la acción al fuego manteniendo siempre su integridad.

Silvestre (2015), desarrolló la investigación titulada “Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales” investigación que tuvo como objetivo determinar cómo se acopla el poliestireno expandido al mezclarse con el concreto. En esta investigación se realizaron probetas de concreto, las cuales fueron sometidas a ensayos de compresión a los 7,14 y 28 días, teniendo añadido en ellas poliestireno expandido en 0%, 3%, 6% y 9%, como diseño un concreto $f'c=210$ kg/cm². Los resultados que obtuvo señalan que a los 28 días con un 3% de poliestireno expandido en la mezcla el peso específico es 2352 kg/m³ y la resistencia obtenida es de 201kg/cm². Con un 6% de poliestireno expandido el peso específico es 2350 kg/m³ y la resistencia obtenida llegó a 165 kg/cm². Concluyo que para conseguir una mejor homogeneidad en la mezcla es necesario realizar la mezcla en una maquina mezcladora.

Allauca (2016), desarrolló la investigación titulada “Desempeño sísmico de un edificio aporticado de cinco pisos diseñado con las normas peruanas de edificaciones” el cual tuvo como finalidad evaluar el desempeño sismo resistente de un edificio aporticado de 5 pisos diseñado bajo las normas peruanas. Los resultados muestran que el periodo fundamental son 0.64 y 0.62 en dirección “x” e “y” respectivamente, el peso de la estructura es 3485 Tn, el cortante estático es 273.10 Tn en “x” y 280.13 Tn en “y”, el cortante dinámico 235.15 Tn en “x” y 241.55 Tn en “y”. Concluyo que las normas peruanas permiten diseñar edificios aporticados con un buen comportamiento sísmico, recomendando que se deben realizar estudios adicionales con el objetivo de sugerir mejores límites de deriva que hagan que los edificios aporticados sean seguros ante eventos sísmicos.

Para esta investigación es necesario conocer algunos conceptos fundamentales y claros de gran importancia.

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2017), indica que el concreto es un material resistente y durable, material compuesto por cantidades debidamente proporcionadas de acuerdo a la utilización y resistencia requerida, y de ser necesario la incorporación de aditivos, en su forma líquida es trabajable y puede obtener cualquier forma deseada.

Los agregados cumplen un papel fundamental en la elaboración del concreto ya que son incorporados en la mezcla ocupando un volumen entre 65% y 75%, dependiendo de ellas las características físicas mecánicas del concreto. Es considerado agregado fino al material que pasa por el tamiz 3/8" (9.51 mm) con un porcentaje de 100% y el total de material del tamiz número 200 que queda retenida. No obstante, Gutiérrez (2006), expresó que la arena que cruza por la malla número 4 es considerado agregado fino y a su vez es retenido en la malla número 200 con tamaños que varían de 0.074 milímetros y 4.76 milímetros.

Conformado por roca triturada o grava, el agregado grueso queda retenido en el tamiz número 4 con partículas que varían generalmente de 150 milímetros a 4.75 milímetros. Sin embargo, Quevedo (2015), mencionó que el agregado grueso está compuesto por piedras que perdieron sus cantos producto de la naturaleza, pudiendo encontrarse en las canteras y en los ríos.

Al hacer un diseño de mezcla se desarrolla por medio de cálculos de medidas de los materiales que se van a utilizar, mediante proporciones en las cuales se ve reflejado la cantidad de cemento, agregados, agua y de ser indispensable se puede hacer el uso de aditivos. Ahora bien, Laura (2006), indicó que el diseño de mezcla consta de diversos procesos al seleccionar los componentes aptos y definir una proporción para elaborar un concreto resistente a la compresión, que sea trabajable, y durable. Pertinente para el uso según la conveniencia. Por otro parte, Guevara et al (2012), señalaron que para tener un resultado óptimo en las propiedades mecánicas del concreto en el cálculo de un diseño de mezcla, es factor elemental la relación de agua cemento ya que con esto va existir un aumento en la fluidez en la mezcla, tanto en su trabajabilidad como en la plasticidad.

Para el diseño sísmico de una edificación es fundamental que las propiedades y características del concreto sean adecuadas, como es en el caso de la resistencia a la compresión, que es definida a los 28 días con la ruptura de probetas. Por otra parte, Rivera (2012), manifiesta que para conseguir que las propiedades del concreto sean adecuadas depende de muchos factores, como la calidad de los materiales que se van a emplear, la forma en la que se realiza el mezclado, la forma de transportar la mezcla, la buena compactación y un adecuado curado.

Una de las propiedades del concreto es la densidad, esta depende de algunos componentes como la cantidad de agregado que se va utilizar y de su densidad relativa, la medida de aire que queda capturado y del incluido de agua y cemento. De 2240 kg/m³ a 2400 kg/m³ es el peso unitario que posee un concreto convencional. La norma ASTM C-138 nos permite conocer la densidad y la cantidad de aire, mediante un ensayo que se desarrolla con concreto fresco.

Para diseñar y construir alguna estructura uno de los parámetros de gran importancia es el módulo de elasticidad del concreto, el cual necesita de la resistencia a la compresión y la densidad. El Reglamento Nacional de Edificaciones (2017), plasma que el módulo de elasticidad puede calcularse mediante la siguiente expresión $E_c = 0.043(wc)^{1.5}\sqrt{f'_c}$ en Mpa.

El poliestireno expandido nace de perlas pre expandidas, siendo un material plástico celular y endurecido, presentando una configuración sellada. De este modo, Gil y Rivera (2015), aclararon que del producto de la polimerización del etileno es que nace el poliestireno expandido, cuyo peso molecular ronda entre 200.000 y 500.000 g mol⁻¹, pudiendo ser un poco más. De tal forma, la Asociación Nacional de Poliestireno expandido de España (2015) mencionó que el poliestireno expandido es muy utilizado en la construcción, ya que es un material espumado usado básicamente como un aislante térmico y acústico.

Diversos productos y materiales presentan poco peso y buena resistencia ya que son elaborados a base de poliestireno expandido, teniendo un color nevado, durante su proceso de fabricación los factores que determina su densidad son la temperatura y la duración que las perlas tienen cuando están en pre expansión y expansión, las cuales

tienen valores de 10kg/m³ y 30 kg/m³. Por consiguiente, Solís (2006), indicó que Knauf Therm Th35 un producto a base de poliestireno expandido presenta una densidad mínima de 18 kg/m³, al ser sometida al calor muestra óptimas capacidades de aislamiento térmico, teniendo consigo 98% de aire y un 2% de elemento macizo en su volumen.

Gracias a las propiedades del poliestireno expandido hace que sea posible usarse como estabilizador de taludes, terraplenes y en los pavimentos como un aislamiento. Por otro lado, Gil y Rivera (2016), aportaron que por ser un material económico el poliestireno expandido puede implementarse como un aditivo en la mezcla del concreto.

En el diseño de una edificación es primordial tener un plano de arquitectura, cortes y elevaciones, diseñado con los criterios dados en el Reglamento Nacional de Edificaciones (2017), el cual nos indica que todos los proyectos de edificación tienen que ser de calidad arquitectónica con un diseño totalmente óptimo, estético, con adecuadas condiciones de seguridad, con una eficiente elaboración de obra implementando todos los requisitos del reglamento.

Determinar la capacidad portante del suelo mediante el estudio de mecánica de suelos es de gran importancia para la construcción de un edificio, al tener calculado el peso de la edificación y la capacidad portante del suelo, podemos determinar el tipo de cimentación que necesitamos para el proyecto. Sin embargo, Rodríguez et al (2015), planteo, que para la construcción de un edificio, el estudio de suelos se realiza previo a la construcción del proyecto, teniendo esto como principal propósito definir las propiedades pertinentes para determinar el modelo y condiciones de cimentación. Por otra lado, el Reglamento Nacional de Edificaciones E.030 (2018), cataloga 5 tipos de perfiles de suelo, estas se encuentran de acuerdo un medio de la velocidad de ondas de corte (\bar{V}_S), a una media moderada de la prueba patrón de penetración (\bar{N}_{16}), y la media moderada en estado no drenada para determinar la resistencia al corte (\bar{S}_u), siendo estas roca sólida (S_0), suelos endurecidos (S_1), suelos en condiciones intermedias (S_2), suelos dúctiles (S_3), y suelos característicamente inusuales (S_4).

El predimensionamiento de elementos estructurales es de gran importancia para el diseño de una edificación, ya que nos permite conocer sus probables dimensiones,

mediante esto podemos también hacer un probable análisis de costos, justificando así la viabilidad para el desarrollo de un proyecto. En cuanto, Villareal (2008), nos da a conocer que predimensionar consta en perfilar una proposición inicial de elementos estructurales, con el fin de lograr consolidar una adecuada propuesta, siendo las propuestas iniciales no definitivas ya que en el desarrollo del diseño se van perfeccionando las secciones de cada elemento.

La etapa inicial para la estructuración de edificios es el análisis de las estructuras, basándose en la clase de proyecto se definirán las dimensiones de la estructura. Según, San Bartolomé (2000), estructurar un edificio es tomar dediciones con respecto a la orden y características que se deben considerar a los elementos estructurales para que durante su vida útil mantengan una adecuada actuación frente a las cargas de gravedad, como también delante de eventos sísmicos.

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2016), nos da a conocer que el comportamiento sísmico se cumple cuando al diseñar una edificación se considera con todos requisitos plasmados en su contenido, el cual se basa en la filosofía y principios del diseño Sismorresistente, parámetros que se deben considerar al diseñar una estructura.

Conocer el metrado de cargas de una estructura nos da a conocer el peso que va admitir cada uno de los elementos de la estructura, tomando en cuenta lo estipulado en el RNE norma E.020, el metrado de cargas es un cálculo elemental a la hora de hacer un análisis sísmico estático y dinámico. Por otra parte, San Bartolomé (2000), considera que el metrado de cargas es un aproximado para considerar las cargas que están actuando en cada uno de los elementos de la estructura de un edificio, debido a que se ignora el resultado hiperestático producto de los momentos flectores, por otro lado existiendo cargas estáticas y dinámicas. El Reglamento Nacional de Edificaciones (2016), plasma que según al tipo de uso, una edificación debe estar calificada para soportar las cargas que actúan sobre ella, indica también que en función a la categoría de la edificación (A, B, C y D) se debe asignar un porcentaje de sobrecarga, de esta forma se realizará de manera adecuada el análisis sísmico y la estimación del peso de una edificación.

El realizar un análisis sísmico estático de una determinada edificación nos faculta entender que en el centro de masa de cada uno de los niveles de la edificación se generan fuerzas sísmicas, que son repartidas conforme al peso total, también nos permite saber el periodo vibración y las cortantes basales tanto en el eje X como en el eje Y, el factor de incremento sísmico y derivas de cada uno de los niveles.

Al realizar el análisis sísmico dinámico de una determinada estructura obtenemos los modos de vibración, la cortante basal y neta, las fuerzas sísmicas y las derivas que se generan por cada nivel de la edificación. Campbell (2010), para el desarrollo del análisis sísmico dinámico un a factor considerar es “R”, el cual modifica la respuesta sísmica, que es utilizado en ambas direcciones de análisis, necesitando del modelo y material del sistema de estructura y de la particularidad del suelo. Así mismo, el Reglamento Nacional de Edificaciones E.030 (2018), indica que en mediante la rigidez y participación de masas, se debe calcular los modos de vibración, teniendo que utilizar la siguiente expresión $S_a = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot g$ el cual representa al espectro inelástico de pseudoaceleración que se realiza en ambas direcciones del análisis.

La investigación presenta la formulación del problema, el cual será, ¿Cuál es el comportamiento sísmico de un sistema aporticado utilizando poliestireno expandido en el concreto, Trujillo – La Libertad?

Esta investigación se justifica, con la intención de comprobar y aportar con el estudio del comportamiento sísmico de un sistema aporticado con la utilización de poliestireno expandido en el concreto, apoyándonos con el uso y aplicación del Reglamento Nacional de Edificaciones: E.020 - Cargas, E-030 - Diseño Sismorresistente, E.060 - Concreto Armado; con las cuales diseñamos un prototipo de mezcla, incorporando una opción de un concreto de bajo peso , siendo una solución para generar una mejor calidad, rendimiento y menor de costo; realizamos el análisis del comportamiento sísmico a una edificación de 4 niveles, aplicando en ella el uso del concreto de bajo peso, siendo comparado con un concreto de uso común; los resultados fueron recopilados y sintetizados, dándolo a conocer el sector de la construcción, para que ésta sea una alternativa de mejora el desempeño sísmico de una estructura cualesquiera.

Para la elaboración y aplicación del proyecto fue de gran importancia destacar que Trujillo se encuentra en una zona con una capacidad portante relativamente baja, según la Microzonificación Geotécnica del Distrito de Trujillo (2011), la capacidad portante se encuentra entre 0.794 Kg/cm² a 1.328 Kg/cm², por lo que el uso de un concreto de bajo peso es conveniente para realizar edificaciones de gran altura. Al disminuir el peso de una determinada edificación podemos obtener fuerzas inerciales menores, aportando a que las fallas estructurales que puedan ser ocasionadas por un sismo sean menores, por consiguiente, es muy importante disminuir el peso del concreto ya que es el material de mayor uso en la estructura, para el cual se realizó ensayos de compresión al diseño de mezcla para determinar una resistencia y un peso adecuado.

En este estudio se buscó el mejor porcentaje de poliestireno expandido que fue añadido al concreto para que cumpla con los parámetros de control de calidad, tales como: resistencia a la compresión donde se comprobó si cumple con el diseño de mezcla; absorción para determinar su grado de durabilidad y densidad para obtener su masa unitaria, además del asentamiento para medir el grado de trabajabilidad de dicha mezcla, el cual se diseñó con la metodología del ACI, una vez demostrados su validez y confiabilidad fue utilizado y aplicado al análisis del comportamiento sísmico de un sistema apertado sirviendo como información base para futuros estudios de mayor profundidad.

Esta investigación se realizó porque existe la necesidad de mejorar el comportamiento sísmico de las edificaciones, para lo cual se empleó un concreto obtenido a partir del diseño de mezcla con el uso de poliestireno expandido, teniendo ya contemplado el diseño del concreto, se procedió a implementar su uso a la estructura que se hizo bajo los lineamientos de las normas peruanas: E.020 - Cargas, E.030 - Diseño Sismorresistente, E.060 - Concreto Armado; del Reglamento Nacional de Edificaciones. Finalmente, se analizó el comportamiento sísmico de la estructura diseñada con nuestro prototipo de concreto con poliestireno expandido y con el concreto convencional, dichos análisis se desarrollaron en el programa de modelamiento ETABS, comparando ambos diseños en sus derivas, cargas, cortantes basales, periodos y deflexiones de los principales elementos estructurales.

La trascendencia de esta investigación radica en la justificación práctica de hacer conocimiento a la población de las características y propiedades del concreto adicionado

poliestireno expandido, el cual nos permita controlar el daño que puedan sufrir las edificaciones o prevenirlas en caso de un sismo moderados en las zonas de alta sismicidad, y de esta forma incitar la cooperación sector público y privado como es el caso de las cooperativas y asociaciones civiles sin fines de lucro, para la instauración de sistemas que nos proporcione un mejor panorama de estudio acerca de todas las aplicaciones que puede tener el material propuesto en la construcción.

Como hipótesis, la utilización del poliestireno expandido en el concreto va a generar un mejor comportamiento sísmico, en el sistema aporticado, Trujillo-La Libertad.

Como objetivos se consideró:

Objetivo General

- ❖ Evaluar el comportamiento sísmico de un sistema aporticado utilizando poliestireno expandido en el concreto.

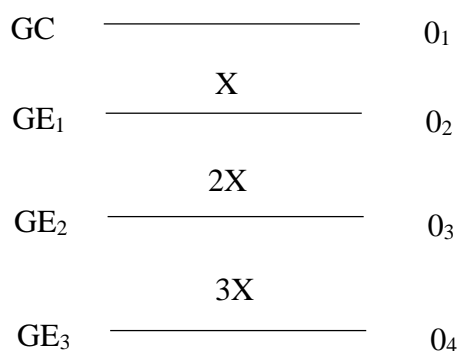
Objetivos Específicos

- Realizar el análisis granulométrico de agregados para obtener las propiedades físicas de los materiales.
- Realizar el diseño de mezcla para una resistencia de 240 kg/cm² utilizando poliestireno expandido.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto utilizando poliestireno expandido.
- Determinar el peso específico del concreto utilizando poliestireno expandido.
- Determinar el módulo de elasticidad del concreto utilizando el resultado anterior.
- Realizar el diseño de arquitectura, empleando un sistema aporticado.
- Realizar el análisis sismorresistente de un sistema aporticado con concreto convencional.
- Realizar el análisis sismorresistente de un sistema aporticado utilizando poliestireno expandido en el concreto (concreto modificado).
- Realizar un análisis comparativo, entre el análisis sismorresistente de un sistema aporticado con concreto convencional y el análisis sismorresistente de un sistema aporticado con concreto utilizando poliestireno expandido (concreto modificado).

II. MÉTODO

2.1 Tipo y Diseño de investigación

En este estudio el diseño de investigación implementada se desarrolló en dos etapas, en la primera etapa se utilizó el diseño experimental con estímulo creciente posprueba (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), cuyo esquema es el siguiente:



Donde:

GC : Es el grupo control, son las probetas solo con concreto convencional

GE₁ : Es el grupo experimental 1, son las probetas con 3% de poliestireno expandido en el concreto.

GE₂ : Es el grupo experimental 2, son las probetas con 6% de poliestireno expandido en el concreto.

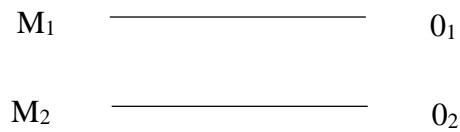
GE₃ : Es el grupo experimental 3, son las probetas con 9% de poliestireno expandido en el concreto.

X : Es el estímulo creciente, poliestireno expandido en el concreto, siendo X=3%

————— Es el control total

0_{i:1,3} : Resultados de la resistencia a la comprensión y peso específico

En la segunda etapa se utilizó el diseño descriptivo comparativo (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), cuyo esquema es el siguiente:



Donde:

M_1 : Es el sistema aporticado con el concreto convencional.

M_2 : Es el sistema aporticado con poliestireno expandido en el concreto con mejores resultados de resistencia a la compresión y peso específico (según diseño experimental).

O_1 : Comportamiento sísmico de un sistema aporticado con concreto convencional.

O_2 : Comportamiento sísmico de un sistema aporticado con poliestireno expandido en el concreto.

2.2 Operacionalización de Variables

Variable		Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
INDEPENDIENTE	Poliestireno expandido en el concreto	<p>Son concretos livianos que se obtienen al mezclar cemento, agregados, agua y perlas de poliestireno expandido;</p> <p>Concretos con peso específico reducido, escasa absorción de humedad, excelente aislamiento térmico y buena resistencia mecánica (Sika, 2015).</p>	<p>El control se realizó a través de un diseño de mezcla con la norma ACI, en la cual se agregó poliestireno expandido en 3%, 6% y 9%.</p>	Resistencia a la compresión	Determinar la ruptura de probetas en kg/cm^2	Cuantitativa de Razón
				Peso específico	Ensayo de peso unitario seco en kg/m^3	
				Módulo de elasticidad	$E_c = 0.043(W_c)^{1.5}\sqrt{f'_c}$ en MPa.	

Variable		Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
DEPENDIENTE	Comportamiento sísmico de un sistema aporticado	Comportamiento sísmico es el cumplimiento del análisis sismorresistente de una edificación con los parámetros mínimos estipulados en el Reglamento Nacional de Edificaciones, basando en la filosofía y principios del diseño sismorresistente, dichos parámetros hacen que una estructura tenga una buena respuesta a las sollicitaciones sísmicas moderadas (Norma E.030, 2018).	El Comportamiento sísmico de un sistema aporticado se medirá con La Norma E.030, E.060, E.020 y con el software de modelamiento ETABS.	Metrado de cargas	Peso de la estructura en Tn.	Cuantitativa de Razón
				Análisis sísmico estático	<ul style="list-style-type: none"> – Fuerza cortante en la base – Fuerzas sísmicas – Desplazamientos absolutos de centro de masas. – Desplazamientos laterales relativos admisibles (derivadas) 	
				Análisis sísmico dinámico	<ul style="list-style-type: none"> – Modos de vibración. – Fuerza en la base de diseño. – Fuerzas sísmicas. – Desplazamientos absolutos de centro de masas. – Desplazamientos laterales relativos admisibles (derivadas) – Verificación del periodo fundamental de vibración. 	

2.3 Población, muestra y muestreo

Esta investigación por corresponder a un diseño experimental puro, el estudio se realizó no sobre una población; sino sobre una muestra, bajo principios de probabilidad estadística; la cual se especificará a continuación. (Bonilla y Sirit, 2015).

La muestra abarcó a tres repeticiones o réplicas de cuatro probetas (uno de control y tres experimentales).

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas

En esta investigación se utilizó dos técnicas: la observación estructurada y la observación de laboratorio.

La observación estructurada se empleó para la manipulación de la variable independiente, poliestireno expandido en el concreto; pues permitió guiar a los investigadores en las pautas para el diseño de mezcla. La observación del laboratorio se utilizó para medir el comportamiento sísmico de un sistema aporticado, donde se recogió los datos de las dimensiones de los elementos estructurales, datos del peso de la estructura y los datos del análisis sísmico calculado con Software computacional ETABS, bajo el diseño experimental en dos etapas.

2.4.2. Instrumentos

El instrumento que se utilizó es la guía de observación, una para controlar el poliestireno expandido en el concreto y dos para medir el comportamiento sísmico de un sistema aporticado.

El control de calidad de los instrumentos se realizó solo en la guía de observación para la variable dependiente, por considerarse el único instrumento de medición. La validez de contenido se calculó mediante la técnica, juicios de expertos y la prueba V-Aiken. La confiabilidad se efectuó a través de un método, mitades partidas; una técnica, correlación ítem corregido y una prueba, correlación de Pearson.

2.5 Procedimiento

Se realizó una base de datos en el programa Excel para presentar los resultados a través de tablas y figuras estadísticas; los cuales permitieron hacer una comparación del comportamiento sísmico de un sistema aporticado con concreto convencional y con poliestireno expandido en el concreto.

2.6 Método de análisis de datos

Se aplicó correctamente, y como es debido, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), siguiendo los principios éticos en la no manipulación de los datos obtenidos en los ensayos, cálculo manual y simulación en el software.

2.7 Aspectos éticos

La reunión de datos e información obtenidas del proyecto de investigación se realizó de manera responsable y social, respetando la propiedad intelectual de otras personas, asimismo siempre con la veracidad y finesa de resultados sin tener que ser alterados.

III. RESULTADOS

3.1 Análisis granulométrico de los agregados

Primeramente se seleccionó la cantera, la cual fue la cantera “Alonso”, ubicada en la carretera hacia Huanchaco Km 582. Dicha cantera se eligió debido a que, nos brindó la confianza necesaria de la calidad de sus materiales y a su accesibilidad. Para la recolección, selección y realización de análisis granulométrico de los agregados se contó con la ayuda de profesionales especializados en materiales para concreto.

Se eligió recolectar piedra chancada de 3/4” y agregado fino adecuado, los cuales se llevó al laboratorio un total de 0.130 m³ y 0.125 m³ de agregado grueso y fino respectivamente. El material se recolecto en sacos de uso de arroz y transportado por tierra en vehículo ligero, para evitar contaminación del mismo.

El ensayo de análisis granulométrico se realizó siguiendo las recomendaciones y criterios de la norma NT.P. 400.012 y ASTM C 136. Para el agregado fino se utilizó una muestra de 500g y para el agregado grueso una muestra de 2000g. El análisis granulométrico del fino nos permitió obtener el módulo su fineza, dato fundamental para realizar el diseño de mezcla, y el análisis granulométrico del grueso nos sirvió para determinar el tamaño nominal máximo, otro dato importante para determinar el contenido de aire atrapado, el volumen de agua y la cantidad de agregado grueso en el diseño de mezcla.

Agregado Fino:

El cuadro 1, muestra los resultados del análisis granulométrico del agregado fino. Se ensayó una muestra de 500 g, en donde se analizó por las mallas 3/8”, N° 4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100, dicho análisis granulométrico nos sirvió para calcular el módulo de fineza considerando porcentaje de retenido acumulado de las mallas o tamices establecidas en la norma N.T.P. 400.012 y la norma ASTM C 136. Se tomó en cuenta los porcentajes superiores e inferiores de las mallas que indica la norma ASTM C 33 para verificar los porcentajes que pasa en calla malla.

Cuadro 1: Análisis granulométrico del agregado fino

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
3/8"	9.525	0	0	0	100.00
N° 4	4.178	20.54	4.108	4.11	95.89
N° 8	2.36	50.05	10.01	14.12	85.88
N° 16	1.18	62.28	12.456	26.57	73.43
N° 30	0.6	103.6	20.72	47.29	52.71
N° 50	0.3	128.47	25.694	72.99	27.01
N°100	0.15	97.41	19.482	92.47	7.53
PLATO		37.65	7.53	100	0.00
Total		500	100		

Fuente: Grupo de investigación

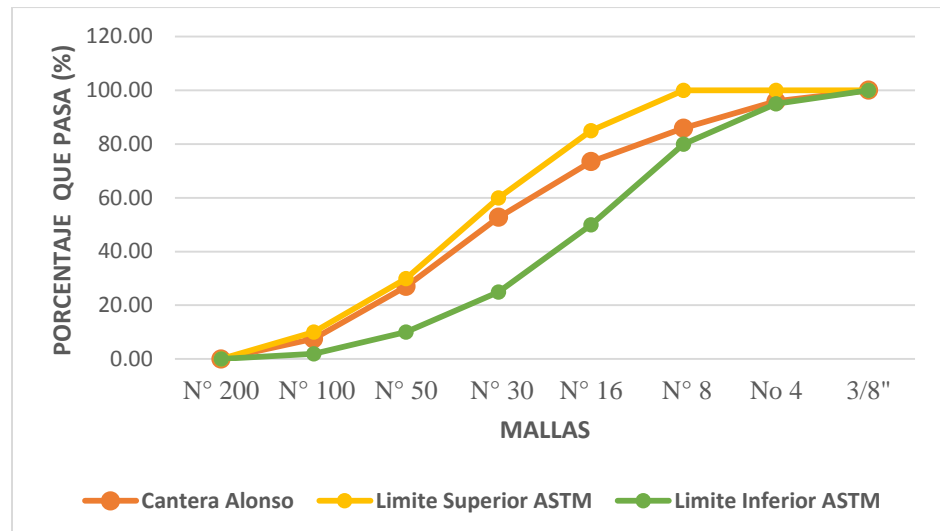


Figura 1: Curva granulométrica del agregado fino

Fuente: Grupo de investigación.

La figura muestra la curva granulométrica del agregado fino, en la cual podemos observar que la curva de la cantera elegida está dentro de los límites superiores e inferiores que indica la norma ASTM C 33.

El módulo de fineza se calculó con la siguiente expresión:

$$MF = \frac{\% R. Acumulado de mallas N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

Reemplazando tenemos:

$$MF = \frac{4.11 + 14.12 + 26.57 + 47.29 + 72.99 + 92.47}{100}$$

Entonces el módulo de fineza del agregado fino fue de, MF = 2.58, dato fundamental con el que se realizó el diseño de mezcla, como se indica en el ítem 1.3.

Agregado grueso:

Cuadro 2: Análisis granulométrico del agregado grueso

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido parcial	% Retenido Acumulado	% Que pasa
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.60	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	97.10	4.86	4.86	95.15
3/4"	19.05	595.10	29.76	34.61	65.39
1/2"	12.70	762.10	38.11	72.72	27.29
3/8"	9.53	319.90	16.00	88.71	11.29
N° 4	4.18	159.60	7.98	96.69	3.31
N° 8	2.36	1.90	0.10	96.79	3.21
PLATO		64.30	3.22	100.00	0.00
Total		2000.00	100.00		

Fuente: Grupo de investigación

Para el ensayo del análisis granulométrico del agregado grueso se llevó una muestra de 2000 g y se analizó por las mallas como se muestra en el cuadro 2 e indicadas en la norma N.T.P 400. 012 y la ASTM C 136, además de tener en cuenta los límites superiores e inferiores permisibles para dicho análisis. Se indica que la primera malla de retención fue la de 1" con un peso 97.10 g y un porcentaje de 4.86%, pasando las mallas de 3", 2" y 1 1/2" con 0 g y que la última malla de N° 8 quedo retenido 1.90 g con un porcentaje de 0.1%. El tamaño máximo nominal fue de 3/4".

En la figura 2, se puede observar la curva granulométrica del agregado grueso de la cantera elegida, la cual se encuentra dentro de los márgenes permisibles establecidos en la Norma ASTM C 33.

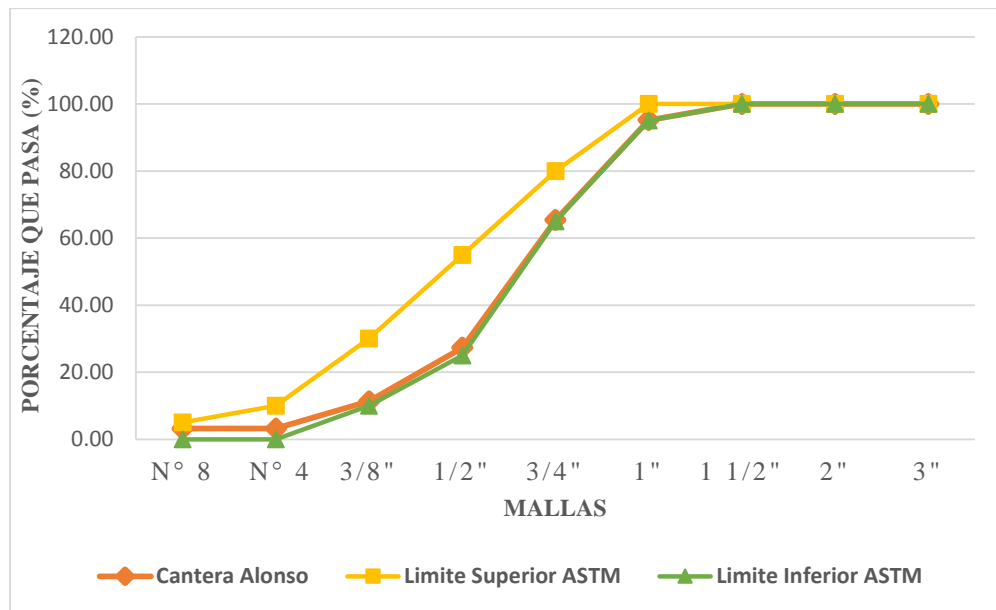


Figura 2: Curva Granulométrica del agregado grueso

Fuente: Grupo de investigación

3.1.1. Peso específico y absorción:

Se calculó el peso específico de los agregados para determinar cuál es volumen que ocupan dichos agregados en una mezcla de concreto. La absorción se calculó para saber el cambio de la masa, cuando los agregados absorben agua en los espacios de los poros entre las partículas. Ambos componentes se calcularon siguiendo las indicaciones de la norma ASTM C 128.

Agregado fino

Para determinar el peso específico y absorción del agregado fino, se tuvo dos muestras secas de 500 gramos cada una. Dichas muestras se dejaron reposar en agua en un tiempo de 16 a 18 horas aproximadamente, luego se dejaron las muestras sin agua para dejarlas secar a la intemperie para que las muestras queden saturadas y secas superficialmente, luego se depositó en la fiola, en donde la fiola contenía en su interior agua destilada, seguidamente se agitó el frasco en un periodo de 15 a 20 minutos para eliminar las burbujas de aire. Luego se removió el frasco para poder sacar el agregado y ponerlo a secar al horno en un periodo de 16 a 24 horas. Pasado el periodo se pesó las muestras, y se calculó con la fórmula indicada en la N.T.P.400.012.

$$Pe = \frac{D}{(A + B) - C}$$

En donde:

Pe : Peso en el aire de la muestra seca (g/cm³)

A : Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)

B : Peso de la fiola aforada llena de agua (g)

C : Peso total de la fiola (aforada con la muestra y agua) (g)

D : Peso en el aire de la muestra seca (g)

La absorción del agregado fino se calculó usando los datos la muestra saturada con superficie seca y la muestra secada al horno durante 16 a 18 horas. Para realizar este cálculo también se tuvo en cuentas las recomendaciones e indicaciones de la N.T.P. 400.012, en el cual se utilizó la siguiente formula.

$$Absorción (\%) = \frac{A - D}{D} \times 100$$

En donde los valores de A y D están indicados anteriormente.

Los resultados del peso específico y absorción del agregado fino se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3: Peso específico y absorción del agregado fino

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO		
Descripción	Muestra 01	Muestra 02
A : Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)	500.00	500.00
B : Peso de la fiola aforada llena de agua (g)	638.70	631.00
C : Peso total de la fiola (aforada con la muestra y agua) (g)	948.90	942.20
D : Peso en el aire de la muestra seca (g)	488.90	489.60
Peso específico de masa (Pe)	2.58	2.59
Absorción (%)	2.27	2.12
Peso específico de masa promedio (g/cm ³)	2.58	
Absorción promedio (%)	2.20	

Fuente: Grupo de Investigación

Agregado grueso:

Para determinar el peso específico y absorción del agregado grueso se pesó dos muestras de 2550 g cada una, siguiendo las indicaciones de la norma ASTM C 127. La muestra se dejó reposar en agua en un periodo de 18 a 24 horas, luego se secó la muestra con una franela de un tamaño adecuado, seguidamente se sumergió la muestra en una canastilla unida a una balanza para determinar el peso de la muestra en esas condiciones. Finalmente se puso a secar la muestra en el horno y pasado un periodo determinado se procedió a pesar. El cálculo se realizó con las formulas indicadas en la N.T.P. 400.012.

$$Pe = \frac{A}{B - C}$$

En donde:

Pe : Peso específico de la masa (g/cm³)

A : Peso en el aire de la muestra seca (g)

B : Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g)

C : Peso sumergido en agua de la muestra saturada (g)

Para el cálculo de la absorción del agregado grueso se utilizó los datos de la muestra saturada con superficie seca y el peso en el aire de la muestra seca. Se calculó con la siguiente fórmula que indica la N.T.P. 400.012.

$$Absorción (\%) = \frac{B - A}{A} \times 100$$

En donde los valores de A y B están indicados anteriormente.

Los resultados del peso específico y absorción del agregado grueso se muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4: Peso específico y absorción del agregado grueso.

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO		
Descripción	Muestra 01	Muestra 02
A : Peso en el aire de la muestra seca (g)	2521.20	2533.20
B : Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g)	2552.70	2563.60
C : Peso sumergido en agua de la muestra (g)	1591.70	1600.40
Peso específico de masa (Pe)	2.62	2.63
Absorción (%)	1.25	1.20
Peso específico de masa promedio (g/cm ³)	2.63	
Absorción promedio (%)	1.22	

Fuente: Grupo de investigación

3.1.2. Contenido de humedad:

Para calcular el contenido de humedad de los agregados se tuvo en cuenta la porosidad de los mismos y las indicaciones de la N.T.P. 339.185.2002.

Agregado fino:

Para determinar el contenido de humedad del agregado fino se pesó una muestra tal y como vino de la cantera cuyo peso fue de 500 gramos, la cual se proporciona en tres muestras pequeñas. Dichas muestras se colocaron al horno y fueron pesadas al día siguiente.

El cálculo se realizó con la fórmula siguiente, teniendo en cuenta las normas ASTM D-2216 y la N.T.P 339.127.

$$\text{Contenido de Humedad}(\%) = \frac{P.S. \text{ Húmedo} - P.S. \text{ Seco}}{P.S. \text{ Seco}} \times 100$$

Donde:

P.S. Húmedo : Peso del suelo húmedo (g)

P.S. Seco : Peso del suelo seco (g)

Los resultados se indican en el cuadro 5.

Cuadro 5: Contenido de humedad del agregado fino

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	51.50	52.66	51.15
Peso del tarro + suelo húmedo (g)	167.47	175.79	179.63
Peso del suelo húmedo (g)	115.97	123.13	128.48
Peso del tarro + suelo seco (g)	165.56	173.73	177.39
Peso del suelo seco (g)	114.06	121.07	126.24
Peso del agua (g)	1.91	2.06	2.24
% de Contenido de humedad (g)	1.67	1.70	1.77
% de Contenido de humedad promedio (g)	1.72		

Fuente: Grupo de investigación

Agregado grueso:

Para determinar el contenido de humedad del agregado grueso se siguió el mismo procedimiento del agregado fino. Se consideró una muestra de 800 g, la cual se proporcionó en 3 muestras pequeñas y se tuvo en cuenta las normas ASTM D-2216 y la N.T.P 339.127. Los resultados se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6: Contenido de humedad del agregado grueso

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	29.62	38.00	30.59
Peso del tarro + suelo húmedo (g)	316.27	307.23	270.65
Peso del suelo húmedo (g)	286.65	269.23	240.06
Peso del tarro + suelo seco (g)	313.65	304.59	268.47
Peso del suelo seco (g)	284.03	266.59	237.88
Peso del agua (g)	2.62	2.64	2.18
% de Contenido de humedad (g)	0.92	0.99	0.92
% de Contenido de humedad promedio (g)	0.94		

Fuente: Grupo de investigación

3.1.3. Peso unitario:

El peso unitario suelto y compactado del agregado fino y grueso se determinó basándose en la N.T.P.400.017.

Agregado Fino

Para determinar el peso unitario seco y compactado del agregado fino se utilizó un molde cilíndrico de 8 cm de radio y 16 cm de altura. Primero se realizó el ensayo de peso unitario suelto incluyendo los vacíos, se pesó el agregado sin chusear. Luego se determinó el peso unitario compactado, pesando la muestra, pero esta vez chuseadas en 3 capas (1/3 h, 2/3h y 3/3h) con 25 golpes cada capa. El cálculo para ambos pesos unitarios se realizó de acuerdo a la norma ASTM C-29 y la N.T.P. 400.017, en el cual se utilizó la siguiente formula.

$$\text{Peso unitario } \left(\frac{g}{cm^3}\right) = \frac{G - T}{V}$$

En donde:

G : Peso del molde más el agregado (g)

T : Peso del molde (g)

V : Volumen del molde (cm³)

Los resultados de peso unitario suelto y compactado se muestran a en el cuadro 7.

Cuadro 7: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

PESO UNITARIO SUELTO		
Descripción	Muestra 01	Muestra 02
Peso del molde (g)	4888.00	4888.00
Peso del molde + agregado (g)	9640.00	9593.00
Peso del agregado (g)	4752.00	4705.00
Volumen del molde (cm ³)	3026.00	3026.00
Peso Unitario suelto (g/cm ³)	1.570	1.555
Peso Unitario suelto promedio (g/cm ³)	1.562	
PESO UNITARIO COMPACTADO		
Descripción	Muestra 01	Muestra 02
Peso del molde (g)	4888.00	4888.00
Peso del molde + agregado (g)	10010.00	10005.00
Peso del agregado (g)	5122.00	5117.00
Volumen del molde (cm ³)	3026.00	3026.00
Peso Unitario compactado (g/cm ³)	1.692	1.691
Peso Unitario compactado promedio (g/cm ³)	1.692	

Fuente: Grupo de investigación

Agregado grueso

Para determinar el peso unitario suelto y compactado se agregado grueso se utilizó un molde de 10.5 de radio y 21 cm de altura. Se realizó dos ensayos, el primero el ensayo de peso unitario suelto que es el peso en todo el volumen del molde sin chusear. Luego se realizó el ensayo de peso unitario compactado, chuseado en 3 capas (1/3h, 2/3h y 3/3 h) con 25 golpes cada capa. Los cálculos que se muestran en el cuadro, se realizaron la con la fórmula utilizada para el agregado fino e indica en la norma ASTM C-29 y la N.T.P. 400.017. El peso unitario suelto y compactado se describe en el cuadro 8.

Cuadro 8: Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

PESO UNITARIO SUELTO		
Descripción	Muestra 01	Muestra 02
Peso del molde (g)	8583.00	8583.00
Peso del molde + agregado (g)	22667.00	22940.00
Peso del agregado (g)	14084.00	14357.00
Volumen del molde (cm ³)	10314.00	10314.00
Peso Unitario suelto (g/cm ³)	1.366	1.392
Peso Unitario suelto promedio (g/cm ³)	1.378	
PESO UNITARIO COMPACTADO		
Descripción	Muestra 01	Muestra 02
Peso del molde (g)	8583.00	8583.00
Peso del molde + agregado (g)	24015.00	24047.00
Peso del agregado (g)	15432.00	15464.00
Volumen del molde (cm ³)	10314.00	10314.00
Peso Unitario compactado (g/cm ³)	1.496	1.499
Peso Unitario compactado promedio (g/cm ³)	1.497	

Fuente: Grupo de Investigación

3.2 Diseño de mezcla

El diseño de mezcla se realizó siguiendo las recomendaciones e indicaciones del Método ACI - Comité 211. Se realizó una vez obtenida las características y propiedades del agregado fino y grueso. Se realizó un diseño de mezcla promedio de $f'_{cr}=324$ kg/cm² considerando un factor de seguridad de 84

kg/cm² debido a que se llegue la resistencia deseada. El Slump de diseño fue de 3” a 4”, datos que verificamos en el ensayo de cono de Abrams y nos permitieron asegurar la plasticidad del concreto. El Slump nos permitió también estimar la cantidad de agua de diseño.

La resistencia a la compresión promedio considerado fue fundamental para determinar la relación a/c, consecuentemente determinar la cantidad de cemento. El tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de fineza del agregado fino nos permitieron calcular el volumen del agregado seco y compactado del agregado grueso, además del contenido de aire atrapado.

Datos Generales:

Cemento: Portland Tipo I

Peso específico del cemento: 3.15 g/cm³

f’c= 240 kg/cm²

Slump: 3” a 4”

Peso específico del agua: 1000 kg/m³

La marca del cemento con el cual se realizó el diseño fue el cemento Pacasmayo Portland Tipo I, optamos por este tipo por uso genérico general en la construcción y su aplicación a obras que no requieren propiedades especiales.

Datos de los agregados:

El cuadro 9 muestra las propiedades necesarias para el diseño de mezcla del agregado fino y grueso, en función a las normas indicadas, que fueron determinadas en el ítem 3.1.

Cuadro 9: Características de los agregados

Agregados	Fino	Grueso
Peso específico	2.58	2.63
Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	1560	1378
Peso unitario seco compactado - ASTM C -129 (kg/m ³)	1692	1497
Porcentaje de absorción - ASTM C-29 (%)	2.2	1.22
Contenido de humedad - ASTM D-2216 (%)	1.72	0.94
Módulo de fineza - ASTM C-125	2.58	-
Tamaño máximo nominal del agregado grueso	-	3/4"

Fuente: Grupo de Investigación

Los pasos que se realizaron, fueron los que se describen a continuación.

a) Resistencia promedio requerida (f'_{cr}).

La resistencia promedio se calculó en función a la resistencia de compresión estándar $f'_c=240 \text{ kg/cm}^2$, siguiendo las recomendaciones del método ACI.

$$f'_{cr} = 240 \text{ kg/cm}^2 + 84 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = 324 \text{ kg/cm}^2$$

b) Contenido de aire.

Como se puede observar en el cuadro 10, el contenido de aire atrapado para un tamaño máximo nominal de 3/4" es 2%.

$$\text{TMN} = 3/4", \text{ por consiguiente, Aire} = 2\%$$

Cuadro 10: Contenido de aire

Tamaño Máximo Nominal del Agregado grueso	Aire Atrapado
3/8"	3%
1/2"	2.5%
3/4"	2%
1"	1.5%
1 1/2"	1%
2"	0.5%
3"	0.3%
4"	0.2%

Fuente: ACI

c) Contenido de agua.

El contenido de agua se calculó con la ayuda del cuadro 11, la cual indica que para un asentamiento de 3" a 4", con un tamaño nominal máximo para un concreto sin aire incorporado, la cantidad de agua es de 205 L/m³.

Cuadro 11: Volumen unitario del agua

SLUMP	Agua en l/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicada							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-

Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Fuente: ACI

d) Relación agua / cemento (a/c) para f'_{cr} .

La relación agua/cemento se calculó utilizando el cuadro 12 para una resistencia requerida promedio de $f'_{cr}=294 \text{ kg/m}^2$, sin aire incorporado.

Cuadro 12: Relación agua/cemento

f'_{c} (kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-
450	0.38	-

Fuente: ACI

Se procedió a interpolar linealmente:

$$\begin{array}{r}
 300 \text{ — } 0.55 \\
 324 \text{ — } x \\
 350 \text{ — } 0.48 \\
 \frac{324 - 300}{350 - 300} = \frac{x - 0.55}{0.48 - 0.55}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \frac{24}{50} = \frac{x - 0.55}{-0.07} \\
 x = 0.516 = a/c
 \end{array}$$

Se obtuvo una relación agua/cemento equivalente a 0.516.

e) Contenido de cemento.

Una vez obtenida la relación agua / cemento, además de tener ya calculado la cantidad de agua por m³, se calculó la cantidad de cemento.

$$a/c = 0.516$$

$$c = \frac{205}{0.516}$$

$$c = 397.29 \text{ kg}$$

Entonces el factor cemento es: $398 \text{ kg}/42.5\text{kg} = 9.37$ bolsas.

f) Cantidad de agregado grueso.

La cantidad de agregado grueso se calculó en función al tamaño máximo nominal del agregado grueso y módulo de fineza del agregado fino, y con la ayuda del cuadro 13.

Se interpola linealmente:

$$\begin{array}{r} 2.40 \text{ — } 0.66 \\ 2.58 \text{ — } x \\ 2.60 \text{ — } 0.64 \end{array}$$

$$\frac{2.58 - 2.40}{2.60 - 2.40} = \frac{x - 0.66}{0.64 - 0.66}$$

$$\frac{0.18}{0.20} = \frac{x - 0.66}{-0.02}$$

$$x = 0.64 \text{ m}^3 = \text{Volumen del A. grueso}$$

$$\text{Peso del agregado grueso} = 0.64 \text{ m}^3 \times 1497 \text{ kg/m}^3$$

Por consiguiente, el peso del agregado grueso es 958.08 kg.

Cuadro 13: Volumen del agregado grueso seco y compactado

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen del agregado grueso seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
4"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI

g) Volumen absoluto

Se calculó sumando el volumen del cemento, agregado grueso, agua, y aire atrapado, como se muestra en el cuadro 14.

Cuadro 14: Volumen absoluto de los materiales

Material	Peso(Kg)	P.e. (Kg/m3)	Volumen (m3)
Cemento	397	3150	0.126
Agregado grueso	958	2630	0.364
Agua	205	1000	0.205
Aire atrapado	-----	-----	0.02
TOTAL			0.715

Fuente: Grupo de investigación

h) Cantidad de agregado fino

El volumen del agregado fino se calculó como se describe a continuación.

$$1 \text{ m}^3 - 0.715 \text{ m}^3 = 0.285 \text{ m}^3$$

Entonces el peso del agregado fino es = $0.285 \text{ m}^3 \times 2580 \text{ kg/m}^3$

Por consiguiente, el peso del agregado fino es 735 kg

i) Corrección por humedad de los agregados

Para el agregado fino:

$$A. f = 735 \times \left(1 + \frac{1.72}{100}\right)$$

$$A. f = 747 \text{ kg/m}^3$$

Para el agregado grueso:

$$A. g = 958 \times \left(1 + \frac{0.94}{100}\right)$$

$$A. g = 967 \text{ kg/m}^3.$$

j) Agua efectiva

Para el agregado fino

$$A. f = 735 \times \left(\frac{1.72 - 2.20}{100}\right)$$

$$A. f = -3.53 \text{ l}$$

Para el agregado grueso

$$A. g = 958 \times \left(\frac{0.94 - 1.22}{100}\right)$$

$$A. g = -2.68 \text{ l}$$

Entonces el agua efectiva fue:

$$A. e = 205 - (-3.53 + (-2.68))$$

$$A. e = 211 \text{ litros}$$

k) Diseño de mezcla para una muestra estándar

Las cantidades de materiales en seco para un metro cubico de concreto, se muestran en el cuadro 15.

Cuadro 15: Cantidad de materiales en seco para un metro cubico

Material	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m3)	Volumen (m3)
Cemento	398	3150	0.126
A. Fino	734	2580	0.284
A. Grueso	958	2630	0.364
Agua	205	1000	0.205
TOTAL	2295		1.0

Fuente: Grupo de investigación

Las cantidades de materiales corregidos por humedad, para un metro cubico de concreto, se muestran en el cuadro 16.

Cuadro 16: Cantidad de materiales corregidos por humedad para un metro cubico.

Material	Peso (kg)	Densidad (Kg/m3)	Volumen (m3)
Cemento	398	3150	0.126
A. Grueso	746	2580	0.289
A. Fino	967	2630	0.368
Agua	211	1000	0.211
TOTAL	2322		1.00

Fuente: Grupo de investigación

l) Proporciones de diseño

En el cuadro 17 se puede visualizar, la dosificación de diseño en peso y en volumen, para los materiales en seco y corregidos por humedad.

La dosificación se calculó como el cociente, de las cantidad de agregado fino, agregado grueso y cemento, entre la cantidad de cemento. El agua fue calculada, la necesaria para una bolsa de cemento.

Cuadro 17: Proporciones de diseño

PROPORCIONES DE DISEÑO				
Material	Proporciones en peso		Proporciones en volumen	
	Seco	Corregido por humedad	Seco	Corregido por humedad
Cemento	1	1	1	1
Agregado Fino	1.84	1.87	1.77	1.77
Agregado Grueso	2.41	2.43	2.62	2.62
Agua (L/bolsa)	21.89	22.55	21.89	22.55

Fuente: Grupo de investigación

3.2.1. Cálculo de cantidad de materiales

En el cuadro 18 se puede observar las proporciones de los materiales por probeta. Se indica que las probetas fueron de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura y que se consideró un volumen de 0.07m³, considerando un porcentaje de desperdicio del 30%.

Cuadro 18: Cantidad de materiales para una probeta

Material	Peso (Kg)	Peso (g)	Densidad (Kg/m ³)	Volumen (m ³)
Cemento	2.786	2786	3150	0.0009
A. Fino	5.222	6769	2580	0.0020
A. Grueso	6.769	5222	2630	0.0026
Agua	1.477	1477	1000	0.0015
TOTAL	16.254	16254		0.0070

Fuente. Grupo de investigación

Para el cálculo de la cantidad de poliestireno expandido por probeta, se realizó por porcentaje del volumen de cada probeta en 3%, 6% y 9% para los grupos experimentales GE1, GE2 y GE3 respectivamente.

La cantidad de poliestireno expandido se calculó en peso (kg) para cada probeta, considerando una densidad de 10 kg/m³, en concordancia a la tesis desarrollado por Silvestre Gutiérrez (2015).

Primeramente se calculó la cantidad de volumen de poliestireno expandido, con la siguiente expresión:

$$V_{\text{Poliestireno E.}} = (3\%, 6 \text{ y } 9\%) \times V_{\text{Probeta}}$$

Una vez hallado la cantidad de volumen de poliestireno expandido para una probeta, se procedió a calcular la cantidad en peso de poliestireno expandido, en función a la densidad del mismo. Dicho cálculo se realizó con las siguientes expresiones.

$$\gamma_{Poliestireno E.} = \frac{P_{Poliestireno E.}}{V_{Poliestireno E.}}$$

$$P_{Poliestireno E.} = \gamma_{Poliestireno E.} \times V_{Poliestireno E.}$$

Las cantidades de peso en kilogramos y gramos de poliestireno expandido, para cada grupo experimental por probeta se muestran en el cuadro 19.

Cuadro 19: Cantidad de poliestireno expandido por probeta

Grupo	Poliestireno expandido	
	Kg	g
GC	0.0000	0.0
GE1	0.0021	2.1
GE2	0.0042	4.2
GE3	0.0063	6.3

Fuente: Grupo de investigación

En el cuadro 20 se indica la cantidad de materiales para una probeta, para cada uno de los grupos experimentales en kg, la cantidad de poliestireno expandido se muestra en g.

Cuadro 20: Resumen de materiales por probeta

Material	Cemento (Kg)	A. Fino (Kg)	A. Grueso (Kg)	Agua (Kg)	Poliestireno Expandido (g)
GC	2.79	5.22	6.77	1.48	0.00
GE1	2.79	5.22	6.77	1.48	2.10
GE2	2.79	5.22	6.77	1.48	4.20
GE3	2.79	5.22	6.77	1.48	6.30

Fuente: Grupo de Investigación

Para la mezcla se utilizó un trompo de 0.05m³ de capacidad, por esta razón de dosifico la cantidad de materiales por 3 probetas (una tandada), se realizó 3 tandadas para cada grupo experimental. En el siguiente

cuadro se muestra la cantidad de materiales para tres probetas (una tandada).

Cuadro 21: Cantidad de materiales para 3 probetas

Material	Cemento (Kg)	A. Fino (Kg)	A. Grueso (Kg)	Agua (Kg)	Poliestireno Expandido (g)
GC	8.37	15.66	20.31	4.44	0.00
GE1	8.37	15.66	20.31	4.44	6.30
GE2	8.37	15.66	20.31	4.44	12.60
GE3	8.37	15.66	20.31	4.44	18.90

Fuente: Grupo de Investigación

3.3 Resistencia a la compresión

3.3.1. Ensayos de concreto fresco

Asentamiento

Para verificar el asentamiento del concreto de cada uno de los grupos experimentales se realizó el ensayo: Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland en estado fresco basándonos en la N.T.P. 339.035.2009. El asentamiento nos permitió saber que el concreto en estado fresco esta trabajable, de acuerdo al Slump de 3” a 4” considerado en el diseño de mezcla.

Los resultados de cada uno de los grupos experimentales de muestran el cuadro 22.

Cuadro 22: Asentamiento máximo del concreto fresco

GRUPO	SLUMP (Pulgadas)
GC	3.4
GE1	3.5
GE2	3.8
GE3	3.9

Fuente: Grupo de investigación

El cuadro nos indica que los tres grupos experimentales tienen un asentamiento permisible y que conforme aumenta el porcentaje de poliestireno expandido a la mezcla el concreto tiene una mejor trabajabilidad.

Peso unitario compactado

El peso unitario compactado del concreto en estado fresco se realizó siguiendo lo indicado en la norma ASTM C-138 y la N.T.P 339.046. Se vació concreto en un recipiente cilindro metálico de 16 cm de diámetro y 16 cm de altura, chuseadas en 3 capas diferentes (1/3 h, 2/3h y 3/3h) con 25 golpes cada capa, con una varilla de 3/8” de diámetro y de 60 cm de longitud, golpeados cada capa con 15 golpes a los extremos con un mazo de goma, para eliminar los vacíos dentro del recipiente. Previamente se obtuvo el peso y volumen del recipiente, luego se pesó el concreto más el recipiente, después de anotar todos los datos anteriores en una libreta se procedió a realizar el cálculo con la siguiente formula.

$$PUCF (kg/m^3) = \left(\frac{A - B}{C}\right) \times 1000$$

En donde:

PUCF : Peso unitario del concreto fresco (Kg/m³)

A : Peso del recipiente + concreto (g)

B : Peso del recipiente (g)

C : Volumen del recipiente (cm³)

Reemplazando valores y operando se obtuvo los siguientes resultados, que se muestran en el cuadro 23:

Cuadro 23: Peso unitario del concreto fresco

Descripción	GC	GC1	GC2	GC3
Peso del recipiente (g)	4888	4888	4888	4888
Peso del recipiente + concreto (g)	12083	11963	11840	11773
Volumen del recipiente (g)	3026	3026	3026	3026
Peso del concreto (g)	7195	7075	6952	6885
Peso unitario (Kg/m ³)	2378	2338	2297	2275

Fuente: Grupo de investigación

En la figura 3 se puede observar que el peso unitario del concreto es menor conforme aumenta el porcentaje de adición de poliestireno expandido. Para el concreto normal tenemos un peso unitario de 2378 kg/m³ y para un 9% de poliestireno expandido en el concreto tenemos un peso unitario de 2275 kg/m³.

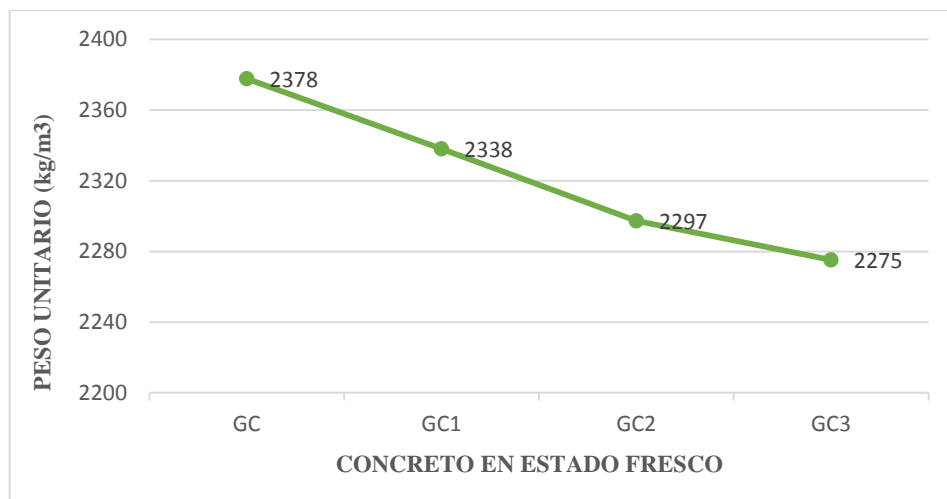


Figura 3: Peso unitario compactado del concreto fresco

Fuente: Grupo de investigación

3.3.2. Ensayos de concreto endurecido:

Curado del concreto

El curado de probetas de concreto se realizó según lo indicado en la norma N.T.P. 339.033.2009, se sumergió las probetas en una poza de agua de área adecuada durante 7, 14 y 28 días de edad respetando la normativa del ACI 308 R. El curado se realizó después de 16 horas de haber realizado las probetas de concreto. Se verificó que el nivel de agua sobrepase 5 cm sobre la parte superior de las probetas. En la figura se puede observar el curado de probetas.



Figura 4: Probetas en proceso de curado

Fuente: Grupo de investigación

Resistencia a la compresión

El ensayo de resistencia a la compresión del concreto se realizó en el Laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo. Se ensayaron 36 probetas en moldes estandarizados de hierro fundido de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura. La rotura de probetas se realizó según lo indicado en la N.T.P. 339.034 y la norma ASTM C 39, para los 7, 14 y 28 días de edad, cuyo curado se describió anteriormente.

Las muestras fueron sometidas a una prensa hidráulica electrónica (neopreno), debidamente calibrada. Se aplicó una carga continua hasta el punto que la probeta cilíndrica falle. Se tomó lectura y fotografía de la carga o fuerza de falla, para luego realizar el cálculo de resistencia.

La resistencia a la compresión de concreto para cada probeta, se calculó con la siguiente expresión:

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

En donde:

R_c : Resistencia a la compresión del concreto (Kg/cm²).

P : Carga axial, obtenida tomando lectura a la prensa hidráulica (Kg).

A : Área de sección transversal de aplicación de carga (cm²).

La resistencia a la compresión para grupo control (GC) y los grupos experimentales (GE1, GE2 y GE3), se calculó como el promedio de la resistencia de 3 probetas. Se indica que se ensayó nueve probetas para cada grupo experimental, siendo tres probetas para cada edad (7, 14 y 28) por grupo.

El cuadro 24, se muestra las resistencias en promedio para grupo experimental a los 28 días de edad obtenidas según la NTP 339.034 y la norma ASTM C 39. El grupo control (GC) obtuvo una resistencia promedio de 240 kg/cm², el grupo experimental dos (GC1) obtuvo una resistencia de 216 kg/cm² y el grupo experimental tres (GC2) obtuvo una resistencia de 174 kg/cm² siendo esta la resistencia menor en los ensayos. También se puede visualizar la resistencia máxima por probeta para el grupo control (GC) fue de 249 kg/cm²,

para el GC1 fue de 232 kg/cm², para el GC2 fue de 183 kg/cm² y para el GC3 fue de 203 kg/cm².

Cuadro 24: Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días.

Grupo	Código	Resistencia especificada (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (kgf/cm ²)	Resistencia obtenida promedio (kgf/cm ²)
GC	GC-28D-1	240	249	240
	GC-28D-2	240	232	
	GC-28D-3	240	238	
GE1	GE1-28D-1	240	204	216
	GE1-28D-2	240	232	
	GE1-28D-3	240	212	
GE2	GE2-28D-1	240	183	174
	GE2-28D-2	240	169	
	GE2-28D-3	240	170	
GE3	GE3-28D-3	240	203	202
	GE3-28D-4	240	199	
	GE3-28D-5	240	203	

Fuente: Grupo de investigación

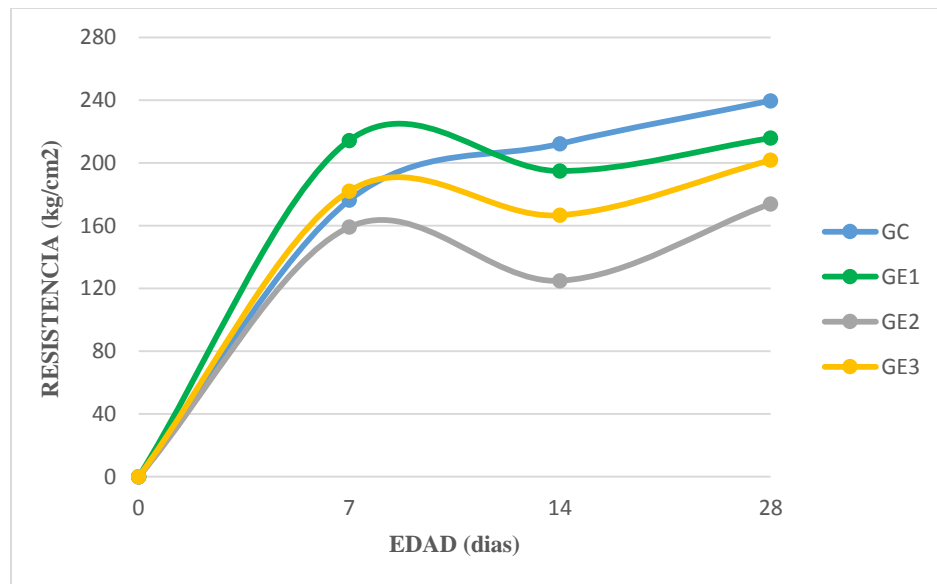


Figura 5: Comportamiento de resistencia de GC, GE1, GE2 GE3

Fuente: Grupo de investigación

La figura 5 describe el comportamiento de resistencia del grupo control (GC) y los grupos experimentales (GE1, GE2 y GE3), en función a la edad

de rotura (0, 7, 14 y 28) días. También se puede observar que el GE1 tiene un mejor comportamiento con respecto a los demás grupos experimentales y que el GE3 tiene un comportamiento de resistencia menor que el grupo control (GC) y los demás grupos experimentales (GE1, GE2 Y GE3).

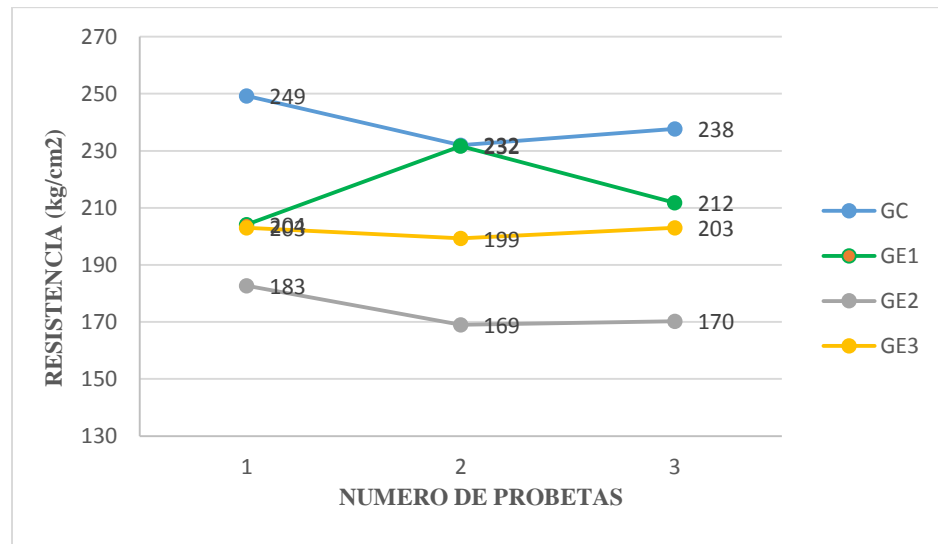


Figura 6. Resistencia a la compresión por probeta a los 28 días

Fuente: Grupo de investigación

La figura 6 muestra las resistencias a la compresión obtenidas por probetas a los 28 días de edad para el grupo control (GC) y los grupos experimentales (GE1, GE2 y GE3) a detalle. Se puede observar que el GC y el GE1 obtuvieron una resistencia similar de 232 kg/cm² en la probeta 2.

De los resultados obtenidos a la resistencia a la compresión del concreto promedio a los 28 días mostrado en el cuadro 26, se eligió la resistencia del grupo experimental dos (GE1) para continuar la segunda etapa de esta tesis como lo indica el 3.7. Se eligió este la resistencia de este grupo experimental por ser la más que se aproxima al grupo control (GC).

3.4 Peso específico el concreto

El unitario o peso específico de concreto, se determinó siguiendo las recomendaciones de la norma ASTM C 128, y de acuerdo a Lituma y Zhunio (2015) en su tesis “Influencia de perlas de poliestireno expandido (EPS) en el peso y resistencia a compresión del concreto”. Se calculó para el grupo control (GC) y grupo experimental (GE1, GE2 y GE3), a los 7, 14 y 28 días.

Se pesó en una balanza electrónica cada probeta 30 minutos antes de realizar el ensayo a compresión del concreto, se tomó lectura a dicho peso para luego determinar el volumen de la probeta. El peso específico se calculó con la siguiente expresión:

$$\gamma = \frac{P}{V}$$

En donde:

γ : Peso específico del concreto simple (kg/m³)

P : Peso de la probeta cilíndrica (g)

V : Volumen de probeta cilíndrica (cm³)

Para el cálculo del volumen de cada probeta se realizó con un diámetro y altura promedio, resultantes después de medir 3 veces cada dimensión. Esto debido a que las dimensiones de las probetas después del desencofrado no son las estándares, varían en pequeñas cantidades las cuales son fundamentales en cálculo de dicho volumen y posteriormente el peso específico.

El peso específico del grupo control (GC) y los grupos experimentales se calculó como el promedio de tres probetas para cada periodo respectivamente. Los resultados del peso específico para cada grupo control a los 28 días se muestran en el cuadro 25.

Cuadro 25: Peso específico del concreto simple a los 28 días.

Grupo	Código	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Peso (g)	Peso específico (kg/m ³)	Peso específico promedio (kg/m ³)
GC	GC-28D-1	15.33	30.53	13190	2339	2308
	GC-28D-2	15.35	30.50	13054	2313	
	GC-28D-3	15.35	30.70	12915	2273	
GE1	GE1-28D-1	15.21	30.58	12739	2292	2260
	GE1-28D-2	15.27	30.57	12534	2240	
	GE1-28D-3	15.27	30.53	12560	2247	
GE2	GE2-28D-1	15.23	30.53	12486	2244	2232
	GE2-28D-2	15.22	30.35	12400	2247	
	GE2-28D-3	15.30	30.50	12375	2207	
GE3	GE3-28D-1	15.25	30.53	12374	2219	2207
	GE3-28D-2	15.33	30.50	12413	2204	
	GE3-28D-3	15.33	30.48	12371	2198	

Fuente: Grupo de investigación

En el cuadro 25 se puede observar el peso específico por probeta y promedio para el grupo control (GC) y los grupos experimentales (GE1, GE2 y GE3). Se indica que el GE1 alcanzó un peso específico de 2260 kg/m³ y el GE3 alcanzó un peso específico de 2207 kg/m³. Estos resultados hacen referencia que a mayor cantidad de poliestireno expandido incorporado al concreto hace que disminuya su peso.

El peso específico para concreto armado, se calculó utilizando el peso seco unitario promedio de concreto simple, de cada grupo experimental y de acuerdo a la norma E.020 – Cargas. Se calculó adicionando 100 kg/m³ al peso unitario del concreto simple como indica la siguiente expresión:

$$\gamma_{C.armado} = \gamma_{C.simple} + 100 \text{ kg/m}^3$$

En donde:

$\gamma_{C.armado}$: Peso específico de concreto armado (kg /m³)

$\gamma_{C.simple}$: Peso específico de concreto simple (Kg/m³)

100 kg/m³: Peso que se añade para el determinar el peso específico de concreto armado según la norma E.020.

El peso específico para concreto armado se muestra en el cuadro 26.

Cuadro 26. Peso específico de concreto armado.

Grupo	Peso específico de concreto simple (kg/m ³)	Peso específico de concreto armado (kg/m ³)
GC	2308	2408
GE1	2260	2360
GE2	2232	2332
GE3	2207	2307

Fuente: Grupo de investigación

De los resultados que se muestra en el cuadro 26, se decidió elegir el peso específico del grupo experimental uno (GE1), para continuar con la segunda etapa de esta tesis. Se eligió este grupo por ser el grupo que tiene una mejor resistencia a compresión entre todos los grupos experimentales (GE1, GE2 y GE3) y por reducir en 40 kg/m³ su peso específico.

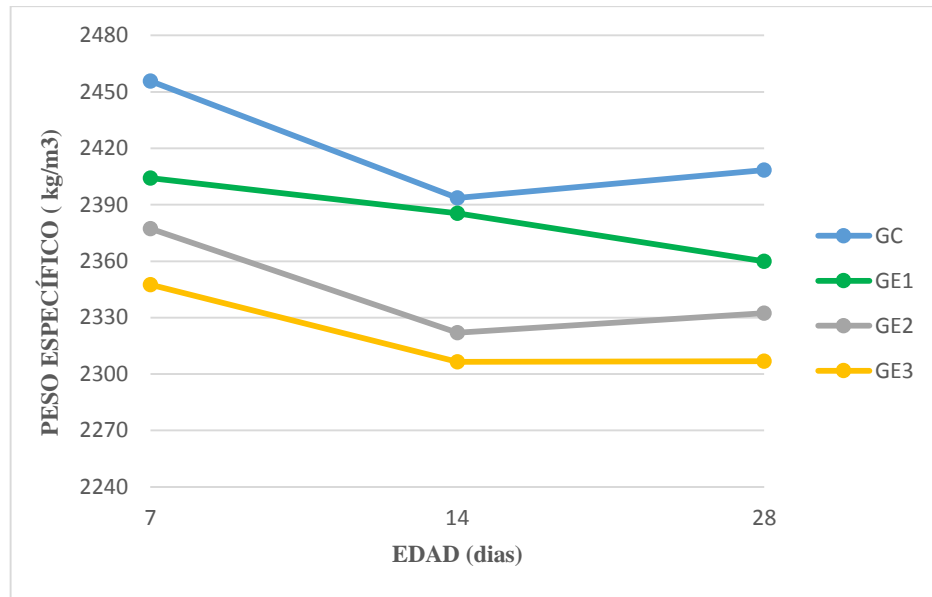


Figura 7: Comportamiento de peso específico, para GC, GE1, GE2 y GE3

Fuente: Grupo de investigación

La figura 7 describe el comportamiento del peso específico de concreto armado del grupo control (GC) y los grupos experimentales (GE1, GE2 y GE3), en función a las edades 7, 14 y 28 días de rotura. Esta figura indica que el GC adquiere su peso específico a los 28 días de edad, y que el peso específico de los grupos experimentales (GE1, GE2 y GE3) son menores con respecto al grupo control.

3.5 Módulo de elasticidad del concreto

El módulo de elasticidad del concreto se calculó con la siguiente formula indicada en la Norma E.060-Concreto Armado.

$$E_c = 0.043 W_c^{1.5} \sqrt{f'_c} \text{ (MPa)}$$

En donde:

E_c : Módulo de elasticidad (Mpa)

W_c : Peso unitario (Kg/m³)

f'_c : Resistencia a la compresión (Mpa)

Se dedujo una fórmula que nos permita el cálculo del módulo de elasticidad del concreto en función al peso unitario en kg/m³ y la resistencia la

compresión en kg/cm². Para esto se realizó la siguiente equivalencia e indica en la Norma E.060- Concreto Armado.

$$\sqrt{f'c} \text{ en Mpa} = 3.19\sqrt{f'c} \text{ en Kg/cm}^2$$

Reemplazando en la formula anterior se tiene que

$$Ec = 0.13717 Wc^{1.5} \sqrt{f'c}$$

En donde:

Ec : Módulo de elasticidad del concreto (Kg/cm²)

Wc : Peso unitario del concreto (Kg/m³)

f'c : Resistencia a la compresión del concreto (Kg/cm²)

Los resultados obtenidos para los concretos de los cuatro grupos experimentales, con sus pesos unitarios y resistencias a la compresión a los 28 días de edad respectivos se muestran en el cuadro 27.

Cuadro 27: Módulo elasticidad del concreto

Grupo	Resistencia (kg/cm ²)	Peso unitario (kg/m ³)	Módulo de elasticidad (kg/cm ²)
GC	240	2308	235527.66
GE1	216	2260	216502.06
GE2	174	2232	190847.38
GE3	202	2207	201992.88

Fuente: Grupo de investigación

De los datos que se muestran en el cuadro 27, se utilizó los datos del grupo experimental uno (GE1), para continuar con la segunda etapa de esta tesis.

3.6 Módulo de Poisson

El módulo de Poisson se estimó de acuerdo a la teoría de Resistencia de Materiales, en donde indica para el concreto convencional o normal corresponde un valor de 0.20. Este valor de 0.20 se consideró para todos los grupos por no variar significativamente en el análisis sismorresistente. Dichos valores se indican en el cuadro 28.

Cuadro 28: Módulo de Poisson del concreto

Grupo	Resistencia (Kg/cm ²)	Módulo de Poisson
GC	240	0.20
GE1	216	0.20
GE2	174	0.20
GE3	202	0.20

Fuente: Grupo de investigación

3.7 Diseño de arquitectura

3.7.1. Arquitectura

El diseño que arquitectura contempla un multifamiliar de 441 m² se diseñó en concordancia la norma vigente A.010 (2015). Contempla la distribución de un terreno de 441 m² completamente saneada.

El multifamiliar comprende 4 niveles, incluido una azotea en el último piso (Ver Anexo 25). En el primer piso cuenta con una cochera, una recepción y dos salas de espera (Ver Anexo 23), mientras que el segundo al cuarto piso, son típicos y cuentan con tres departamentos distribuidos por una sala-comedor, una cocina, lavandería, baño completo y dos dormitorios, y un minidepartamento constituido por un dormitorio principal, cocina, sala-comedor y baño principal (Ver Anexo 24).

3.7.2. Ubicación

La estructura está ubicada en el departamento de La Libertad, Provincia de Trujillo, Distrito La Esperanza, Urbanización La Esperancita, Avenida Federico Villa Real tercera cuadra Mz “A” Lt 7, que dista referencialmente a espaldas de supermercado “Makro”, con las siguientes coordenadas 8°05'08.4"S 79°02'48.7"W.

3.8 Análisis sismorresistente del sistema aporticado con concreto convencional

3.8.1. Generalidades

El análisis sismorresistente comprende la segunda etapa de esta tesis, primeramente se realizó con las propiedades del concreto convencional o grupo control (GC) y posteriormente se realizó con las propiedades del concreto modificado o grupo experimental uno (GE1), como se

indica en el ítem 3.8. Dicho análisis con concreto convencional se realizó básicamente siguiendo los parámetros indicados en las Normas Técnicas Peruanas E.030 y E.020.

El análisis sismorresistente radica primordialmente en el análisis estático y dinámico modal espectral, los cuales se realizaron en el software ETAPS 2016. Previamente a este análisis, se realizó la arquitectura (descrita en el ítem 3.6), una estructuración adecuada y un predimensionamiento de elementos estructurales. El modelamiento del sistema aporticado en 3D se muestra en la figura 8.

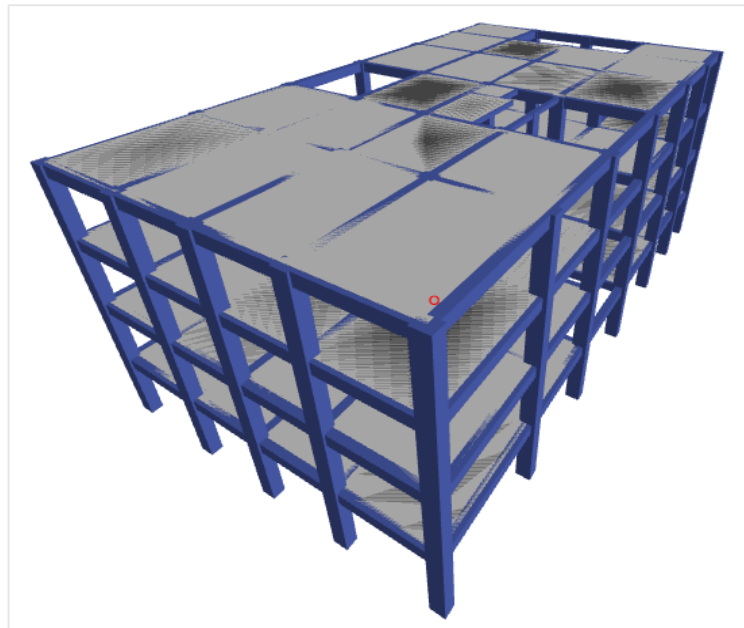


Figura 8: Vista 3D del modelamiento de la estructura

Fuente: Etabs 2016

3.8.2. Estructuración

Se realizó para resistir cargas de gravedad y fundamentalmente para resistir cargas de sismo (Ver Anexo 22).

Las columnas fueron ubicadas respetando la estética de la arquitectura (Ver Anexo 18), con dimensiones rectangulares, en donde la dimensión en el eje “X” es superior a la dimensión al eje “Y”, aportando así mayor rigidez lateral frente a cargas sísmicas en la dirección X-X, ya que en esa dirección la estructura tuvo irregularidad torsional.

Las vigas fueron ubicadas encima de los muros (tabiques) que dividen los ambientes de tal forma de funcionar como dinteles a las ventanas y

puertas, y sobre todo aportar rigidez lateral a la estructura en ambas direcciones.

Se usó una losa aligerada para todos los niveles de la estructura, con excepción a los ductos y área de llegada de escalera. La cual funciona como un diagrama rígido frente a sollicitaciones sísmicas, y además de funcionar como una membrana para distribuir las cargas muertas y vivas hacia las vigas y columnas.

3.8.3. Propiedades de los materiales

Las propiedades de los materiales a considerados en este análisis es una resistencia a la compresión de 240 kg/cm², un peso específico de 2400 kg/m³, un módulo de elasticidad de 235527.66 kg/cm² y un módulo de Poisson de 0.20. Estos datos mencionados anteriormente, se indican en el cuadro 29.

Cuadro 29: Propiedades de los materiales

Descripción	Cantidad	Unidad
Resistencia a la compresión ($f'c$)	240	kg/cm ²
Peso específico (γ)	2400	kg/m ³
Módulo de elasticidad (E_c)	235527.66	kg/cm ²
Módulo de Poisson (ν)	0.2	-
Refuerzo (f_y)	4200	kg/cm ²

Fuente: Grupo de investigación

3.8.4. Predimensionamiento de elementos estructurales

El predimensionamiento de elementos estructurales se realizó con las propiedades de concreto convencional, para una resistencia de 240 kg/cm² y un peso específico de 2400 kg/m³.

Se predimensiono columnas, vigas principales y secundarias, y losa aligerada, elementos estructurales por lo cual está conformado la estructura de concreto armado.

3.8.4.1. Losa aligerada

Se consideró losa aligerada por ser más liviana que una losa maciza, considerando viguetas de 10 cm y 40 cm entre ejes.

Para el predimensionamiento del peralte “h” de losa aligerada se tomó la luz mayor perpendicular al sentido del aligerado. El sentido del aligerado se diseñó tomando en cuenta la luz menor entre ejes, siguiendo estos criterios el sentido del aligerado se diseñó en la dirección X-X.

Para el cálculo del peralte se utilizó la siguiente expresión:

$$h \text{ min} = \frac{Ln}{25}$$

Tomando la luz mayor se tiene:

$$h \text{ min} = \frac{5.10}{25} = 0.20m$$

Se consideró un peralte de 0.20 m para todos los pisos, de acuerdo a la norma E.020.

3.8.4.2. Vigas

a) Vigas principales

El predimensionamiento de vigas principales se realizó respetando lo indicado en la Norma E.060 Concreto Armado, (2009) y la teoría de predimensionamiento, respetando un ancho mínimo de 25 cm, considerando rigidez lateral para el análisis sismorresistente.

Para calcular el peso por cada metro cuadrado, se utilizó la siguiente formula.

$$Wu = 1.4 CM + 1.7 CV$$

Las cargas para el predimensionamiento que se consideraron se muestran en el cuadro 30.

Cuadro 30: Pesos unitarios

Descripción	Carga
Aligerado (Kg/m ²)	350
Acabados (Kg/m ²)	100
Tabiquería móvil (Kg/m ²)	150
S/C (Kg/m ²)	200

Fuente: Norma Técnica E.020

Para calcular el factor beta por la cual fue dividido las luces, se utilizó la siguiente expresión.

$$\beta = \frac{4}{\sqrt{Wu}}$$

En el siguiente cuadro se muestra el factor beta y la carga por metro cuadro a considerar, en función a la sobrecarga.

Cuadro 31: Coeficiente beta en función a la sobrecarga

Uso	S/C (Kg/m2)	Wu (Kg/m2)	β
Vivienda	200	1180	12

Fuente: Grupo de investigación

El peralte se calculó con la siguiente expresión

$$h = \frac{l}{12}$$

En donde:

h : es el peralte mínimo.

l : es la luz libre de la viga.

Reemplazando la luz mayor del tramo de la viga más desfavorable se tiene:

$$h = \frac{4.83}{12} = 0.41m$$

La base o ancho se calculó en función al ancho tributario, con la siguiente expresión

$$b = \frac{1}{20} (B)$$

En donde:

b : Es la base de la viga (m)

B: es el ancho tributaria de la viga considerada (m)

Tomando la viga más desfavorable se tiene y reemplazando valores se tiene

$$b = \frac{1}{20} (4.04m)$$

$$b = 0.20m$$

Se consideró vigas principales de 0.30x0.45m² para todos los niveles de la estructura, en donde el peralte de la viga incluye el espesor de losa aligerada.

b) Vigas secundarias

Las vigas secundarias se predimensionaron con los mismos criterios de las vigas principales, utilizando la expresión:

El peralte de cálculo utilizando la siguiente expresión

$$h = \frac{l}{12}$$

Tomando la luz mayor del tramo de viga más desfavorable se tiene:

$$h = \frac{3.33}{12} = 0.28$$

La base o ancho se calculó en función al ancho tributario, con la siguiente expresión

$$b = \frac{1}{20} (B)$$

Tomando la viga más desfavorable se tiene y reemplazando valores se tiene

$$b = \frac{1}{20} (2.57m)$$
$$b = 0.13m$$

Se consideró vigas secundarias de 0.25x0.45 m² para todos los niveles de la estructura, en donde el peralte de la viga incluye el peralte de losa aligerada.

3.8.4.3. Columnas

Se predimensiono tomando en cuenta lo indicado en la Norma E.060 y los criterios del libro Diseño en Concreto Armado de Roberto Morales, (2006).

Se realizó en función a carga total (Pu), área tributaria, numero de niveles de la estructura y los valores obtenidos en el cuadro.

El peso que se consideró por piso fue de 970 kg/m².

Los pesos unitarios considerados se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 32: Pesos unitarios

Descripción	Peso
Losa aligerada (Kg/m ²)	300
Tabiquería (Kg/m ²)	150
Vigas (Kg/m ²)	100
Columnas (kg/m ²)	70
Piso terminado (Kg/m ²)	100
Sobrecarga (Kg/m ²)	200

Fuente: Norma Técnica E.020.

Para el cálculo se la sección se utilizó la siguiente expresión, tomando en cuenta la ubicación:

$$bD = \frac{P}{n f'c}$$

En donde:

D y b : Son las dimensiones la sección de la columna (cm)

P : Es la carga total que soporta la columna, teniendo en cuenta el área de influencia y número de pisos. Su equivalencia se muestra en el cuadro. (Kg)

n : Factor que depende de la ubicación de la columna. Los valores se muestran en el cuadro n

f'c : Resistencia a la compresión del concreto (Kg/cm²)

Cuadro 33: Factor n de acuerdo a la ubicación de columna

Columna	Ubicación	P	n
Tipo C-1 (para los primeros pisos)	Interior	1.1Pg	0.3
Tipo C-1 (para los cuatro últimos pisos)	Interior	1.1Pg	0.25
Tipo C-2, C-3	Extremas	1.25Pg	0.25
Tipo C-4	Esquineras	1.5Pg	0.2

Fuente: Libro de Diseño de Concreto Armado, Roberto Morales

Se consideró columnas esquineras y exteriores de 0.50x0.40m², columnas interiores de 0.55x0.45m².

3.8.5. Metrado de cargas

El metrado de cargas se realizó para obtener el peso por niveles y total de la edificación, considerando únicamente el peso de los elementos estructurales.

Se realizó de acuerdo a la arquitectura, estructuración, a las dimensiones del predimensionamiento indicados en el ítem 3.7.4 y en concordancia a la norma E.020 y E.030.

El peso de vigas y columnas, se calculó multiplicando el volumen del elemento por el peso específico del concreto. El peso de losa aligerada y acabados, se calculó multiplicando el área de losa por el peso unitario de losa y acabados respectivamente (Ver Anexo 20).

La carga viva se calculó multiplicando el área de losa aligerada por la carga viva unitaria, indicado en la Norma E.020 (Ver Anexo 19). Los pesos unitarios considerados se indican en el cuadro 34.

Cuadro 34: Pesos unitarios para el concreto convencional

Propiedades	Peso	Unidad
P. Especifico del concreto	2400	Kg/m ³
P. Losa Aligerada, h=20 cm	300	Kg/m ²
P. Acabados , e=5 cm	100	Kg/m ²
Sobrecarga, (Vivienda)	200	Kg/m ²

Fuente: Norma Técnica E.020

El peso total y por nivel de la edificación se muestra en el cuadro 35.

Cuadro 35: Peso total y por niveles de la estructura

Nivel (N°)	Peso (Tn)
4	201.16
3	232.16
2	232.16
1	233.87
Peso total	899.36

Fuente: Etabs 2016

3.8.6. Análisis Estático

Este análisis se realizó respetando las indicaciones y parámetros indicados en la norma E.030, en donde dicho análisis represento las fuerzas sísmicas aplicadas en el centro de masas de cada nivel de la edificación. Se realizó en el software ETAPS 2016, considerando un comportamiento lineal y elástico.

Ya que la norma E.030, no permite realizar este análisis para estructuras irregulares (como es en nuestro caso) ubicadas en zona 4, los resultados nos sirvieron para comparar la fuerza en la base mínima con respecto al análisis dinámico, así mismo nos sirvió fundamentarme para comparar la fuerza cortante en la base, desplazamientos absolutos y relativos, con respecto al análisis sismorresistente con concreto modificado.

Para este análisis se consideró las columnas empotradas en la cimentación y el aligerado como un diagrama rígido.

3.8.6.1. Parámetros sísmicos

3.8.6.1.1. Factor zona

La estructura por estar ubicada en la ciudad de Trujillo, específicamente en el distrito de la Esperanza, provincia de Trujillo y región la Libertad. De acuerdo a la tabla 1 de la norma E.030 (Ver Anexo 11), el factor de zona (Z) considerado fue 0.45g.

3.8.6.1.2. Perfil de suelo

El perfil de suelo para la edificación que fue simulada en la ciudad de Trujillo, específicamente en el Distrito de la Esperanza, se definió de acuerdo al estudio realizado por la Municipalidad Provincial de Trujillo con el nombre “Plan de Desarrollo Local Concertado de la Provincia de Trujillo 2017-2030”.

En donde dicho estudio se realizó diferentes análisis de suelos (calicatas), en diferentes puntos del Distrito de la

Esperanza (Ver Anexo 8) donde se verificó un suelo conformado por arena mal graduada con limo, arena limosa y arena arcillosa, datos que para la evaluación de peligro sísmico a nivel de terreno se valora que el factor de amplificación sísmica por efecto local del suelo en esta zona es $S=1.05$ y el periodo natural del suelo es $T_s = 0.6$, clasificando e indicando que el Distrito de la Esperanza posee un suelo intermedio (Perfil Tipo S2), en concordancia a la norma E.030.

3.8.6.1.3. Parámetros de sitio

a) Factor de ampliación de suelo (S):

Según la tabla 3 de la norma E.030, el factor de ampliación de suelo “S”, para un suelo intermedio (Ver Anexo 12) en zona 4 es 1.05.

b) Periodo (T_P):

De acuerdo a la tabla 4 (Ver Anexo 13) de la norma E.030, el periodo “TP” para un suelo intermedio es 0.6 segundos.

c) Periodo (T_L)

De acuerdo a la tabla 4 (Ver Anexo 13) de la norma E.030, el periodo “TL” para un suelo intermedio, es 2 segundos.

3.8.6.1.4. Periodo fundamental de vibración (T)

El periodo fundamental de vibración en la dirección “X”, se calculó con la siguiente expresión indicada en la norma E.030.

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

En donde:

h_n : Altura total del edificio (m)

C_t : Factor en función al sistema estructural en la dirección de análisis.

Considerando:

h_n : 11.60 m.

CT : 35 (pórticos de concreto armado sin muros de corte).

Tenemos que el periodo fundamental de vibración en ambas direcciones es 0.331s.

3.8.6.1.5. Factor de amplificación sísmica (C):

Según la norma E.030 para un periodo fundamental de vibración de 0.331s, un $T_P = 0.6s$ y $T_L = 2s$, el factor de amplificación sísmica es 2.5, en ambas direcciones. Este factor se determinó según los tres criterios mostrados, que indica la norma E.030 en el artículo 14.

$$T < T_P, \text{ entonces } C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L, \text{ entonces } C = 2.5x \frac{T_P}{T}$$

$$T > T_L, \text{ entonces } C = 2.5x \frac{T_P x T_L}{T^2}$$

3.8.6.1.6. Categoría de la edificación y factor uso

La edificación fue destinada para uso vivienda, por lo tanto fue clasificada como una edificación común “C”, cuyo factor de importancia es 1, como lo indica la norma E.030 en la tabla N°04 (Ver Anexo 9).

3.8.6.1.7. Sistema estructural

El sistema estructural según el artículo 16 de la norma E.030, se consideró una estructura de concreto armado conformado por pórticos en la dirección “X-X” e “Y-Y”, debido a que las columnas observen un 100% de la fuerza cortante en la base. Además de cumplir con lo indicado en la norma E.060.

3.8.6.1.8. Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas (R_o):

El coeficiente de reducción básica se estimó de acuerdo a la tabla 7 (Ver Anexo 16) de la norma E.030. Se consideró un coeficiente $R_o = 8$, por tener un sistema estructural de concreto armado conformado por pórticos, para la dirección “X-X” e “Y-Y”.

3.8.6.1.9. Irregularidad estructural

En la dirección “X-X” la estructura presento irregularidad torsional en planta considerando un factor de irregularidad en dicho sentido de 0.75 (Ver Anexo 10 y 18). En altura la estructura fue regular. Por lo tanto se consideró un factor de irregularidad igual a 1 en ese sentido.

En la dirección “Y-Y” la estructura fue regular tanto en planta como en altura.

3.8.6.1.10. Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas

Se calculó con la expresión indicada en el artículo 22 de la Norma E.030, en función a las irregularidades en planta y elevación.

$$R = R_0 \times I_a \times I_p$$

Siendo:

R : Coeficiente de reducción de fueras sísmicas.

R₀: Coeficiente de reducción básico de fuerzas sísmicas.

I_a : Factor de irregularidad en altura.

I_p : Factor de irregularidad en planta.

En la dirección “X-X”, el factor R fue igual a 6, debido a que presento irregularidad en planta pero fue regular en altura, para un coeficiente de reducción básico igual 8.

En la dirección “Y-Y”, la estructura fue regular tanto en planta como en altura, por lo tanto el factor R fue equivalente a 8.

3.8.6.2. Peso de la estructura

Para estimar el peso de la edificación, se realizó el metrado de cargas de acuerdo a la norma E.020 y E.030. Los pesos unitarios y la forma en que calculo el peso de cada elemento estructural, se muestran en el ítem 3.8.5.

Por ser una edificación clasificada como común (vivienda), se consideró un 100% de la carga muerta más un 25 % de la carga viva, además de considerar un 25 % de carga viva en la azotea.

El peso total y por nivel se muestra en el cuadro 35.

3.8.6.3. Fuerza cortante en la base

La fuerza cortante en la base se calculó con la expresión indica que indica la norma E.030, en función al factor de zona, factor de uso, factor de amplificación sísmica, factor de amplificación de suelo, factor de reducción de fuerzas sísmicas y el peso total de la estructura. Todos estos factores que intervienen en el cálculo de la fuerza cortante en la base, deben ser los adecuados en la dirección de análisis.

Se tuvo en cuenta que la relación C/R sea mayor o igual a 0.11.

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \times P$$

En donde:

- V : Fuerza cortante en la base
- Z : Factor zona
- U : Factor de uso
- C : Coeficiente de amplificación sísmica
- S : Coeficiente de amplificación de suelo
- R : Coeficiente de reducción sísmica
- P : Peso total de la estructura.

Reemplazando y operando los datos adecuados en la expresión anterior para cada dirección de análisis, se obtuvo la fuerza cortante en la base para ambas direcciones, cuyos valores se muestran en el cuadro 36.

Cuadro 36: Cortante basal

Dirección	Vb (Tn)
X-X	177.06
Y-Y	132.80

Fuente: Etabs 2016.

3.8.6.4. Fuerzas sísmicas en altura

Las fuerzas sísmicas horizontales aplicadas al centro de masas de cada nivel, se calcularon en función a la cortante

basal y un factor α_i de cada nivel. Este último factor se estimó en proporción al peso total de la estructura, además de considerar la altura de cada nivel y valor “k”, que está en función al periodo fundamental de vibración. Las expresiones que intercedieron en este cálculo se muestran a continuación

$$F_i = \alpha_i x V$$

En donde:

F_i : Fuerza sísmica en altura en cualquier nivel

V : Fuerza cortante en la base

α_i : Factor de distribución calculado, con la expresión siguiente

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^K}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^K}$$

En dónde:

P_i : Peso del nivel i.

h_i : Altura del nivel i, a partir del terreno natural.

n : Numero de niveles

k : 1, debido a que el periodo “T” es menor a 0.5s.

Reemplazando y operando los datos influyentes en cada dirección de análisis, se obtuvieron las fuerzas sísmicas en altura, las cuales se muestran en el cuadro 37 y 38 para la dirección X-X y para la dirección Y-Y respectivamente.

Cuadro 37: Fuerzas sísmicas en la dirección X-X

Nivel	Peso (Tn)	Altura (m)	Fuerza (Tn)
1	233.87	2.90	18.83
2	232.16	5.80	37.38
3	232.16	8.70	56.07
4	201.16	11.60	64.78
Total			177.06

Fuente: Grupo de investigación

Cuadro 38: Fuerzas sísmicas en la dirección Y-Y.

Nivel	Peso (Tn)	Altura (m)	Fuerza (Tn)
1	233.87	2.90	14.12
2	232.16	5.80	28.04
3	232.16	8.70	42.05
4	201.16	11.60	48.58
Total			132.80

Fuente: Grupo de investigación

3.8.6.5. Desplazamientos absolutos de centro de masas

Los desplazamientos laterales absolutos de centro de masa por nivel, se calculó con el software ETABS 2016, en función a la rigidez lateral de los elementos estructurales y las fuerzas sísmicas en altura por nivel, en concordancia a la teoría de la ley de Hooke. Estos desplazamientos se calcularon con respecto al centro de masas de cada piso respectivamente, considerando un análisis lineal y elástico.

Cuadro 39: Desplazamientos de centro de masa

Nivel	X-X	Y-Y
4	0.0088	0.0109
3	0.0070	0.0091
2	0.0061	0.0062
1	0.0028	0.0025

Fuente: Etabs 2016

3.8.6.6. Derivas de entrepiso

Fueron calculados de acuerdo a la norma E.030, multiplicando los desplazamientos relativos por 0.85R para la dirección “X-X” (estructura irregular en planta) y por 0.75 R para la dirección “Y-Y” por ser una edificación regular tanto en planta como en altura en ese sentido. Este resultado a su vez se dividió entre la altura del entrepiso considerado, como indica la siguiente expresión:

$$D_i = \frac{\Delta_i}{h_{ei}}$$

En donde:

D_i : Deriva del nivel i, menor o igual a 0.007, por corresponder a una estructura de concreto armado.

Δ_i : Desplazamiento absoluto, calculado según el ítem 3.7.5.5.

h_{ei} : Altura del entrepiso i considerado en el análisis.

Los resultados de derivas por nivel se muestran en el cuadro 40.

Cuadro 40: Derivas de entrepiso.

Nivel	X-X	Comprobación	Y-Y	Comprobación
4	0.0042	OK	0.0036	OK
3	0.0021	OK	0.0061	OK
2	0.0078	No cumple	0.0075	No cumple
1	0.0065	OK	0.0053	OK

Fuente: Etabs 2016.

3.8.7. Análisis dinámico

Sé realizo un análisis modal espectral, según la norma E.030, el cual incluye un amortiguamiento crítico de 0.05. Dicho análisis es fundamental para esta edificación, por corresponder a una edificación común y estar en zona sísmica 4.

No se decidió utilizar el análisis Tiempo-Historia, debido que a que la norma E.030, indica que este análisis es utilizado como una comprobación, además de considerar estructuras importantes, pero en ningún caso es sustitutorio al análisis dinámico espectral.

Primeramente se realizó el análisis modal y consecuentemente el análisis espectral.

3.8.7.1. Parámetros sísmicos

Los parámetros sísmicos considerados para el análisis dinámico son los descritos en el ítem 3.8.6.1.

3.8.7.2. Peso de la estructura

El peso total y por nivel de la estructura fue el mismo que se consideró en el análisis estático. Los datos se indican en el cuadro 35, cuya forma de cálculo se describe en el ítem 3.8.5.

3.8.7.3. Análisis modal

Se realizó de acuerdo a la norma E.030, considerando la rigidez lateral de la estructura y la distribución de masa participativa.

Se consideró un diafragma rígido por piso, conformado por una losa aligerada de 20 cm de espesor. A cada piso se consideró tres grados de libertad, en donde se obtuvo un total de 12 modos de vibración, correspondiendo 3 modos por nivel. Otra consideración fue empotrar las columnas en la cimentación, anulando los giros y desplazamientos en dicho empotramiento para la direcciones de análisis.

Cuadro 41: Modos de vibración y masa participativa

Modo	T (s)	Ux	Uy	Rz	Sum Ux	Sum Uy	Sum Rz
1	0.439	0.00	0.84	0.00	0.00	0.84	0.00
2	0.425	0.64	0.00	0.19	0.64	0.84	0.19
3	0.366	0.19	0.00	0.64	0.82	0.84	0.83
4	0.137	0.00	0.11	0.00	0.82	0.95	0.83
5	0.129	0.08	0.00	0.03	0.91	0.95	0.86
6	0.112	0.03	0.00	0.08	0.94	0.95	0.94
7	0.076	0.00	0.04	0.00	0.94	0.99	0.94
8	0.069	0.03	0.00	0.02	0.97	0.99	0.96
9	0.06	0.02	0.00	0.03	0.99	0.99	0.99
10	0.053	0.00	0.01	0.00	0.99	1.00	0.99
11	0.047	0.01	0.00	0.01	0.99	1.00	0.99
12	0.041	0.01	0.00	0.01	1.00	1.00	1.00

Fuente: Etabs 2016

3.8.7.4. Aceleración espectral

Se realizó en concordancia a la norma E.030, la cual indica que se debe considerar un espectro inelástico definido por la siguiente expresión.

$$S_a = \frac{ZxUxCxS}{R} xg$$

En donde:

Sa : Aceleración espectral, en la dirección de análisis.

g : Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²).

Z, U, C, S y R: Son parámetros sísmicos definidos en el ítem 3.7.5.1.

El espectro de respuesta del espectro inelástico en función a la aceleración de la gravedad, para dirección X-X e Y-Y se muestra en la figura 9.

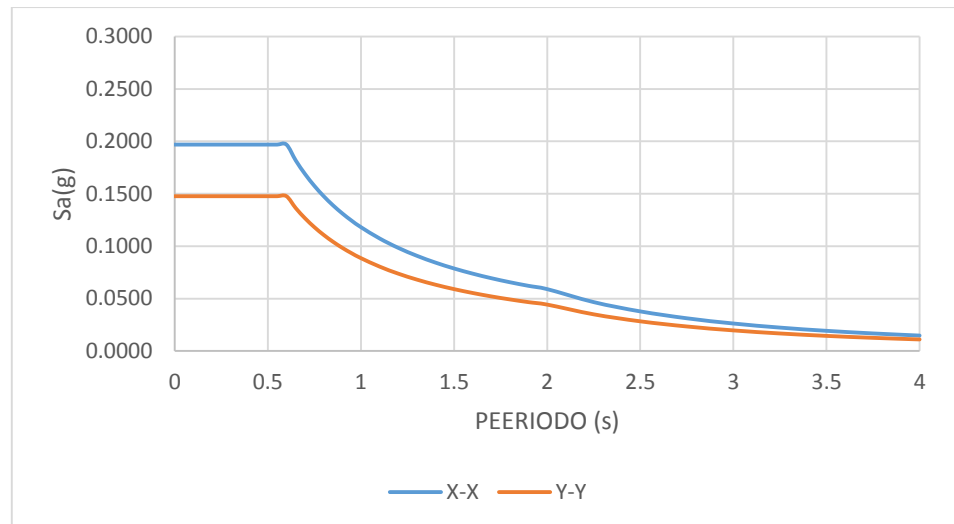


Figura 9: Espectro inelástico de pseudo - aceleración

Fuente: Grupo de investigación

3.8.7.5. Fuerza cortante en la base

La fuerza cortante en la base se calculó con el software ETABS 2016, en función al peso total de la estructura, cuyos valores para cada dirección de muestra en el cuadro 42.

Cuadro 42: Cortante basal

Dirección	Vb (Tn)
X-X	152.68
Y-Y	108.14

Fuente: Etabs 2016

El cuadro 43 muestra la fuerza cortante en la base de diseño, es menor debido a que la cortante basal del análisis dinámico no fue mayor o igual al 90% del análisis dinámico en cada dirección de análisis.

Cuadro 43: Fuerza cortante de diseño

Dirección	Análisis Estático (Tn)	Análisis Dinámico (Tn)	90% V.E statico (Tn)	Factor de escala	Fuerza Cortante de diseño (Tn)
X-X	177.06	152.68	159.35	1.0437	159.35
Y-Y	132.80	108.14	119.52	1.1052	119.52

Fuente: Grupo de investigación

3.8.7.6. Fuerzas sísmicas en altura

Las fuerzas sísmicas en altura se calcularon según la norma E.030, en función al peso y la fuerza cortante en la base de la estructura, en donde la fuerza en la base es la considera en la dirección de análisis. La expresión que se utilizó en el cálculo, se describe en el ítem 3.8.6.4. Los resultados se muestran el cuadro 44 y 45 para la dirección “X-X” y “Y-Y” respectivamente.

Cuadro 44: Fuerzas sísmicas en la dirección X-X.

Nivel	Peso (Tn)	Altura (m)	Fuerza (Tn)
1	233.87	2.90	16.24
2	232.16	5.80	32.33
3	232.16	8.70	48.35
4	201.16	11.60	55.86
Total			152.68

Fuente: Grupo de investigación

Cuadro 45: Fuerzas sísmicas en la dirección Y-Y

Nivel	Peso (Tn)	Altura (m)	Fuerza (Tn)
1	233.87	2.90	11.50
2	232.16	5.80	22.83
3	232.16	8.70	34.25
4	201.16	11.60	39.56
Total			108.14

Fuente: Grupo de investigación

3.8.7.7. Desplazamientos absolutos de centro de masas

Los desplazamientos laterales absolutos por nivel, se calculó con el software ETABS 2016, en función a la rigidez lateral

de los elementos estructurales y las fuerzas sísmicas en altura por nivel, aplicando la ley de Hooke por tratarse un análisis lineal y elástico. Los resultados se muestran en el cuadro 46.

Cuadro 46: Desplazamientos de centro de masas

Nivel	X-X	Y-Y
4	0.0098	0.0090
3	0.0081	0.0076
2	0.0053	0.0052
1	0.0021	0.0021

Fuente: 2016.

3.8.7.8. Derivas de entrepiso

Las derivas fueron calculadas de acuerdo a la norma E.030, multiplicando los desplazamientos relativos por 0.85 R para la dirección “X-X” y por 0.75R para la dirección “Y-Y” respectivamente. Este resultado a su vez se dividió entre la altura del entrepiso considerado con la expresión que se describe en el ítem 3.8.6.6., cuyos resultados se muestran en el cuadro 47.

Cuadro 47: Derivas de entrepiso

Nivel	X-X	Comprobación	Y-Y	Comprobación
4	0.0040	OK	0.0029	OK
3	0.0064	OK	0.0051	OK
2	0.0076	No cumple	0.0063	OK
1	0.0049	OK	0.0044	OK

Fuente: Etabs 2016.

3.8.7.9. Verificación del periodo fundamental de vibración

Se realizó, una vez obtenido los desplazamientos horizontales del centro de masas de cada nivel, las fuerzas sísmicas en altura y el peso de la estructura por nivel. Se aclara que esta verificación no se consideró la rigidez de los elementos no estructurales como lo indica la norma E.030.

La verificación se realizó con la siguiente expresión.

$$T = 0.85x2\pi x \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^n P_i \cdot d_i^2)}{(g \cdot \sum_{i=1}^n f_i \cdot d_i)}}$$

En donde:

- T : Periodo de la estructura en (s).
- P_i : Peso del nivel i de la estructura en (Tn).
- d_i : Desplazamiento del nivel i (cm).
- f_i : Fuerza sísmica en altura en (Tn).
- g : Aceleración de la gravedad (cm/s²)

Reemplazando y operando se tiene que el periodo es 0.439 segundos.

3.9 Análisis sismorresistente del sistema aporticado con concreto modificado

El análisis sismorresistente con concreto modificado complementa la segunda etapa de esta tesis. Se realizó con las propiedades del grupo experimental uno (GE1) y siguiendo estrictamente los parámetros e indicaciones de la norma E.030 y E.020. Este análisis comprende fundamentalmente el análisis estático y dinámico espectral de la estructura, para los cuales se utilizó el software ETAPS 2016. Se utilizó la estructuración y predimensionamiento de elementos estructurales considerados en el análisis con concreto convencional, debido a que las propiedades del concreto modificado no influyen significativamente en dichos aspectos.

Cuadro 48: Propiedades de los materiales para el concreto modificado

Descripción	Cantidad	Unidad
Resistencia a la compresión (f'c)	216	kg/cm ²
Peso específico (γ)	2360	kg/m ³
Módulo de elasticidad (Ec)	216502.06	kg/cm ²
Módulo de Poisson (ν)	0.2	-
Refuerzo (fy)	4200	kg/cm ²

Fuente: Grupo de investigación

3.9.1. Propiedades de los materiales

Las propiedades considerados para este análisis sismorresistente, fueron los obtenidos en por el grupo experimental uno (GE1), por ser el grupo que tuvo una resistencia más cercana al grupo control,

además, de cumplir los parámetros que indica la norma E.060 para un concreto estructural. Dichos datos se indican en el cuadro 48.

3.9.2. Medrado de cargas

El medrado de cargas se realizó para obtener el peso total y por niveles de la edificación, cuyos resultados fueron fundamentales para diferenciar el peso de la edificación de concreto modificado con el peso de la edificación con concreto convencional. Se realizó en concordancia a la arquitectura, estructuración y dimensiones de los elementos estructurales, definidos en el ítem 3.7.4. Se indica que este cálculo se realizó siguiendo estrictamente los criterios e indicaciones de las normas E.020 y E.030.

El peso de las vigas y columnas, se calcularon multiplicando el volumen del elemento por el peso específico del concreto modificado (GE1). El peso de losa aligerada y acabados, se calculó multiplicando el peso unitario de losa y de acabados por el área de influencia (losa) respectivamente. La carga viva se calculó como el producto del área de losa aligerada por la carga viva unitaria, indicada en la norma E.020.

Por ser un concreto modificado los pesos unitarios se calcularon de la siguiente manera.

a) Peso específico del concreto

Se calculó experimentalmente tal y como se describe en el ítem 3.4, teniendo como resultado un peso específico de 2360 kg/m³.

b) P. Losa Aligerada

El peso de losa aligerada por metro cuadrado de área, se calculó para un ancho de vigueta de 10 cm y 40 cm entre ejes, 5 cm de espesor de losa superior y utilizando el peso específico de 2360 kg/m³ indicado en el ítem 3.4.

Primeramente se dedujo la expresión que nos permita el cálculo de peso de losa por metro cuadrado para los diferentes espesores que indica la norma E.020.

De acuerdo a la figura 10 se tiene:

$$P. viguetas = (0.05 + 0.1 + 0.1) \times h_{LOSA-0.05m} \times \gamma_{Concreto} \\ + (0.05 + 0.1 + 0.1) \times h_{LOSA-0.05m} \times \gamma_{Concreto}$$

$$P. Losa superior = (0.05 \times 1 \times 1) \times \gamma_{Concreto}$$

Sumando ambos pesos se obtiene el peso de losa por metro cuadrado:

$$P. Losa = (0.5) \times h_{LOSA-0.05m} \times \gamma_{Concreto} + (0.05 \times 1 \times 1) \times \gamma_{Concreto}$$

Operando y factorizando se obtiene la siguiente expresión:

$$P. Losa = \gamma_{Concreto} (0.5 \times h_{Losa-0.05m} + 0.05)$$

En donde:

P. losa : Peso de losa aligerada en kg/m².

$\gamma_{Concreto}$: Peso específico del concreto armado en Kg/m³.

$h_{LOSA-0.05m}$: Diferencia entre espesor de losa aligerada y el espesor de losa superior con respecto al ladrillo en m.

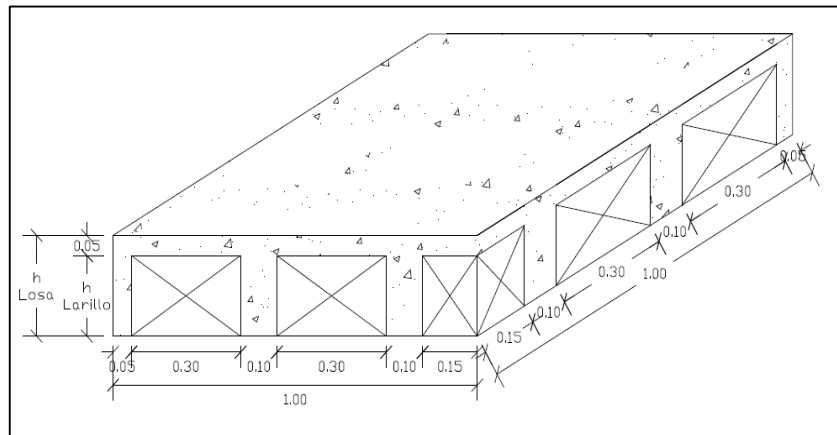


Figura 10: Losa aligerada típica de 1mx1m y un peralte “h”

Fuente: Grupo de investigación

Para nuestro caso tenemos un peralte de 20 cm y un peso específico de 2360 kg/m³, reemplazando estos datos en la ecuación anterior obtenemos el peso de losa por metro cuadrado de área.

$$P. Losa = 2360 \times (0.5 \times 0.15 + 0.05)$$

Efectuando la operación, se obtuvo el peso de losa aligerada equivalente a 295 k/m², valor con el cual se realizó el metrado de cargas para el concreto modificado.

c) P. acabados

El peso de acabados por metro cuadrado, se calculó para 5 cm de espesor y un peso específico de 2000 kg/m³, como lo indica la norma E.020 (Ver Anexo 21).

$$P. \text{ acabados} = \gamma \times 0.05m$$

Reemplazando el peso específico se tiene:

$$P. \text{ acabados} = 2000 \times 0.05m$$

El peso de acabados considerado fue de 100 kg/m², para un espesor de 5 cm.

d) Sobrecarga

La sobrecarga considerada fue de 200 kg/m², como lo indica la Norma E.020 (Ver Anexo 19) para estructuras destinadas para vivienda.

Cuadro 49: Pesos unitarios para concreto modificado

Propiedades	Peso	Unidad
P. Especifico del concreto	2360	kg/m ³
P. Losa Aligerada, h=20 cm	295	kg/m ²
P. Acabados , e=5 cm	100	kg/m ²
Sobrecarga, (Vivienda)	200	kg/m ²

Fuente: Grupo de investigación

El peso de la estructura total y por nivel, con concreto convencional y concreto modificado se muestra en el cuadro 50.

Cuadro 50: Peso total y por niveles de la estructura

Nivel (N°)	Peso (Tn)
4	196.72
3	228.61
2	228.61
1	230.79
Peso total	884.74

Fuente: Etabs 2016.

3.9.3. Análisis estático

3.9.3.1. Parámetros sísmicos

Los parámetros sísmicos considerados fueron los descritos en el ítem 3.8.6.1., por corresponder a una misma estructura.

3.9.3.2. Peso de la estructura

El peso por niveles y total de la estructura se calculó en concordancia la norma E.020 y E.030. Los pesos unitarios y la forma en que se calculó el peso de cada elemento estructural se describen en el ítem 3.9.2.

Por ser una edificación común (vivienda), se consideró un 100% de la carga muerta más un 25% de la carga viva, además de considerar un 25% de carga viva en la azotea. El peso de la edificación se muestra en el cuadro 50.

3.9.3.3. Fuerza cortante en la base

La fuerza cortante en la base en la dirección “X-X” se tuvo en cuenta la irregularidad en torsional en planta, en la dirección “Y-Y” la estructura fue regular tanto en planta como en altura. Dichas fuerzas cortante se calcularon con la expresión y de la forma como se describe en el ítem 3.8.6.3.

Cuadro 51: Cortante basal

Dirección	Vb (Tn)
X-X	174.18
Y-Y	130.64

Fuente: Etabs 2016.

3.9.3.4. Fuerzas sísmicas en altura

Las fuerzas sísmicas en altura se calcularon en función a la cortante basal, el peso y la altura de cada nivel. Las expresiones que se utilizaron fueron las descritas el ítem 3.8.6.4. Las fuerzas sísmicas se muestran el cuadro 52 y 53.

Cuadro 52: Fuerzas sísmicas en la dirección X-X.

Nivel	Peso (Tn)	Altura (m)	Fuerza (Tn)
1	230.79	2.90	18.60
2	228.61	5.80	36.86
3	228.61	8.70	55.29
4	196.72	11.60	63.43
Total			174.18

Fuente: Grupo de investigación

Cuadro 53: Fuerzas sísmicas en la dirección Y-Y.

Nivel	Peso (Tn)	Altura (m)	Fuerza (Tn)
1	230.79	2.90	13.95
2	228.61	5.80	27.64
3	228.61	8.70	41.47
4	196.72	11.60	47.57
Total			130.64

Fuente: Grupo de investigación

3.9.3.5. Desplazamientos absolutos de centro de masas

Los desplazamientos horizontales se calcularon en traslación pura, considerando la rigidez lateral de la estructura y las fuerzas sísmicas en altura, empleando la ley de Hooke. Los desplazamientos se muestran en el cuadro 54.

Cuadro 54. Desplazamientos absolutos

Nivel	X-X	Y-Y
4	0.0083	0.0090
3	0.0069	0.0075
2	0.0049	0.0051
1	0.0023	0.0021

Fuente: Etabs 2016.

3.9.3.6. Derivas de entre piso

Las derivas se calcularon de acuerdo a la norma E.030, multiplicando por 0.75R a los desplazamientos relativos en la dirección “X-X” y multiplicando por 0.85R en la dirección “Y-Y”. Este resultado a su vez se dividió entre la altura del entrepiso considerado Las expresiones que se utilizaron para estos cálculos se indican en el ítem 3.8.6.6, cuyos resultados se muestran en el cuadro 55.

Cuadro 55: Derivas de entrepiso

Nivel	X-X	Comprobación	Y-Y	Comprobación
4	0.0034	OK	0.0030	OK
3	0.0047	OK	0.0050	OK
2	0.0060	OK	0.0062	OK
1	0.0054	OK	0.0044	OK

Fuente: Etabs 2016.

3.9.4. Análisis dinámico

Se realizó un análisis modal espectral siguiendo estrictamente los parámetros que indica la norma E.030, en donde dicho análisis incluye un amortiguamiento de 0.05. Primeramente se realizó el análisis modal y consecuentemente el análisis espectral.

3.9.4.1. Parámetros sísmicos

Los parámetros sísmicos considerados fueron los que se describen en el ítem 3.8.6.1, por corresponder una misma estructura.

3.9.4.2. Peso de la estructura

El peso total y por niveles de la estructura, se calculó de la forma como se describe en el ítem 3.9.2. Se consideró un 100% de la carga muerta más un 25% de la carga viva por corresponder a una edificación destinada para vivienda. El peso por nivel y total de la estructura se indica en el cuadro 50.

3.9.4.3. Análisis modal

Se realizó de acuerdo a la norma E.030, considerando la distribución de masa participativa y la rigidez lateral de la estructura.

Se consideró el aligerado de cada piso como un diafragma rígido, en donde cada piso se consideró tres modos, obteniendo como resultados 12 modos de vibración. Para este análisis se consideró las columnas empotradas en la cimentación, anulando así desplazamientos y giros en dicho empotramiento para las direcciones de análisis respectivas. Los modos con su respectiva masa participativa se muestran en el cuadro 56.

3.9.4.4. Aceleración espectral

Se realizó siguiendo las indicaciones de la norma E.030, en función a los parámetros sísmicos de la edificación. La expresión con que construyo el espectro se describe en el ítem 3.7.7.4.

El espectro de respuesta del espectro inelástico en función a la aceleración de la gravedad, para la dirección “X-X” e “Y-Y” se muestra en la figura 9.

Cuadro 56: Modos de vibración y masa participativa

Modo	T (s)	Ux	Uy	Rz	Sum Ux	Sum Uy	Sum Rz
1	0.398	0.00	0.84	0.00	0.00	0.84	0.00
2	0.385	0.63	0.00	0.19	0.63	0.84	0.19
3	0.335	0.19	0.00	0.64	0.82	0.84	0.83
4	0.125	0.00	0.11	0.00	0.82	0.95	0.83
5	0.117	0.08	0.00	0.03	0.91	0.95	0.86
6	0.103	0.03	0.00	0.08	0.94	0.95	0.94
7	0.069	0.00	0.04	0.00	0.94	0.99	0.94
8	0.063	0.03	0.00	0.02	0.97	0.99	0.96
9	0.055	0.02	0.00	0.03	0.99	0.99	0.99
10	0.049	0.00	0.01	0.00	0.99	1.00	0.99
11	0.043	0.01	0.00	0.01	0.99	1.00	0.99
12	0.038	0.01	0.00	0.01	1.00	1.00	1.00

Fuente: Etabs 2016

3.9.4.5. Fuerza cortante en la base

La fuerza cortante en la base se calculó con el software ETABS 2016, en función al peso total de la estructura, cuyos valores para cada dirección de muestra en el cuadro.

Cuadro 57: Cortante basal

Dirección	Vb (Tn)
X-X	149.37
Y-Y	105.83

Fuente: Etabs 2016

El cuadro 58 muestra la fuerza cortante en la base de diseño, escafo debido a que la cortante basal del análisis dinámico no fue mayor o igual al 90% del análisis dinámico en cada dirección de análisis.

Cuadro 58: Fuerza cortante en la base de diseño

Dirección	Análisis Estático (Tn)	Análisis Dinámico (Tn)	90% V.E statico (Tn)	Factor de escala	Fuerza Cortante de diseño (Tn)
X-X	174.18	149.37	156.76	1.0495	156.76
Y-Y	130.64	105.83	117.57	1.1110	117.57

Fuente: Grupo de investigación

3.9.4.6. Fuerzas sísmicas en altura

Las fuerzas sísmicas en altura se calcularon siguiendo estrictamente las indicaciones de la norma E.030, en función al peso y la fuerza cortante en la base de la estructura, en donde la fuerza en la base es la considerada en la consideración de análisis. Las expresiones que se utilizaron para el cálculo, se describen en el ítem 3.8.6.4. Los resultados se muestran en el cuadro 59 y 60 para la dirección “X-X” y “Y-Y” respectivamente.

Cuadro 59: Fuerzas sísmicas en la dirección Y-Y.

Nivel	Peso (Tn)	Altura (m)	Fuerza (Tn)
1	230.79	2.90	15.95
2	228.61	5.80	31.61
3	228.61	8.70	47.41
4	196.72	11.60	54.40
Total			149.37

Fuente: Grupo de investigación

Cuadro 60: Fuerzas sísmicas en la dirección Y-Y.

Nivel	Peso (Tn)	Altura (m)	Fuerza (Tn)
1	230.79	2.90	11.30
2	228.61	5.80	22.39
3	228.61	8.70	33.59
4	196.72	11.60	38.54
Total			105.83

Fuente: Grupo de investigación

3.9.4.7. Desplazamientos absolutos de centro de masas.

Los desplazamientos horizontales relativos por nivel se calcularon en el software ETAPS 2016, considerando la rigidez lateral de la estructura y las fuerzas sísmicas en altura, aplicando la ley de Hooke. Estos desplazamientos se calcularon con respecto al centro de masas de cada piso, considerando un análisis lineal y elástico.

Los desplazamientos de muestran en el cuadro 61.

Cuadro 61: Desplazamientos de centro de masas.

Nivel	X-X	Y-Y
4	0.0081	0.0075
3	0.0067	0.0063
2	0.0044	0.0043
1	0.0017	0.0018

Fuente: Etabs 2016

3.9.4.8. Desplazamientos admisibles (derivadas)

Estos desplazamientos fueron calculados como indica la norma E.030, multiplicando los desplazamientos relativos por 0.85R para la dirección “X-X” y multiplicando por 0.75R para la dirección “Y-Y” respectivamente. Este último resultado se dividió entre la altura de entrepiso considerado, utilizando la expresión que se describe en el ítem 3.8.6.6, cuyos resultados se muestra en el cuadro 62.

Cuadro 62: Desplazamientos laterales relativos (derivadas)

Nivel	X-X	Comprobación	Y-Y	Comprobación
4	0.0033	OK	0.0024	OK
3	0.0053	OK	0.0042	OK
2	0.0063	OK	0.0052	OK
1	0.0041	OK	0.0037	OK

Fuente: Etabs 2016.

3.9.4.9. Verificación del periodo fundamental de vibración

Se calculó con la expresión descrita en el ítem 3.8.7.9 e indicada en la Norma E.030. Se tuvo en cuenta los pesos por piso indicados en el ítem 3.8.1 (concreto modificado), los

desplazamientos, las fuerzas sísmicas y desplazamientos laterales absolutos. Al reemplazar dichos datos en la expresión antes mencionada, se determinó un periodo 0.398 segundos.

3.10 Análisis comparativo cuantitativo entre el análisis sismorresistente con concreto convencional y el análisis sismorresistente con concreto modificado.

3.10.1. Peso de la estructura

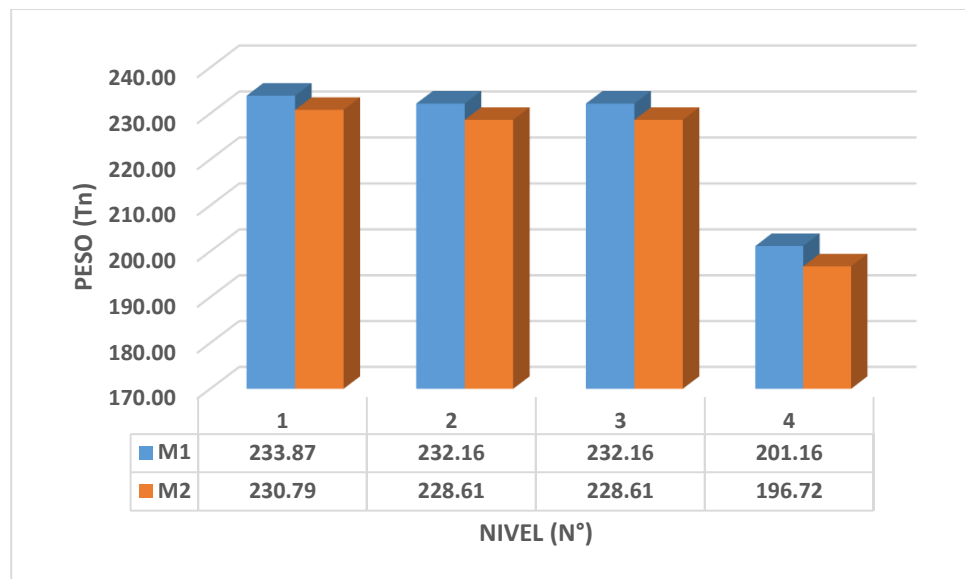


Figura 11: Peso de la edificación por nivel

Fuente: Grupo de investigación

La figura 11 muestra el peso de cada uno de los niveles, del sistema aporticado con concreto convencional (M1) y del sistema aporticado con concreto modificado (M2). Se puede observar que el peso de los niveles con concreto modificado son menores debido a que el peso específico fue de 2360 kg/m³ y un peso de losa aligerada de 295 kg/m².

En la figura 12 se indica el peso total de la estructura, indicando que el sistema aporticado con concreto modificado (M2) tuvo un peso de 884.74 Tn, el cual es menor con respecto al peso del sistema aporticado con concreto convencional (M1).

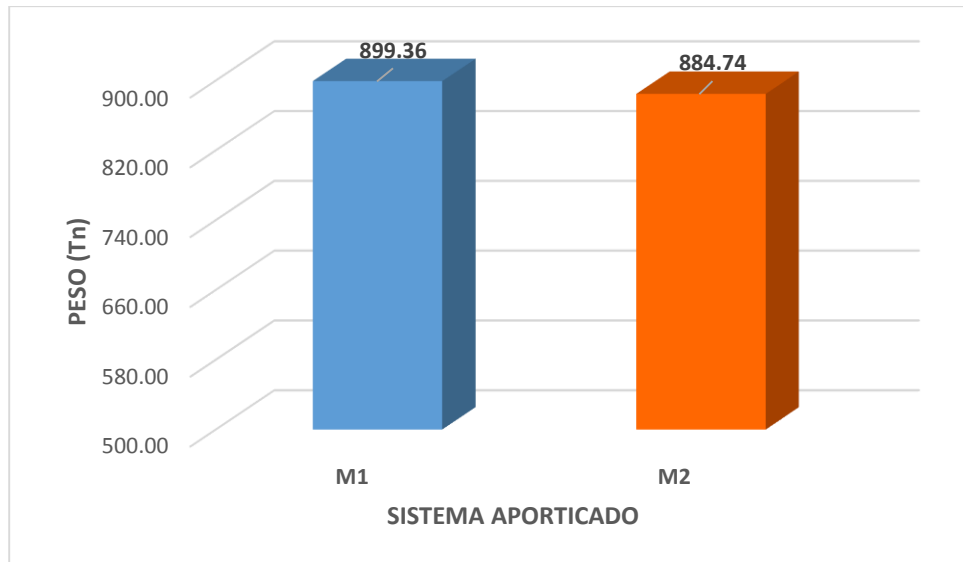


Figura 12: Peso total de la estructura

Fuente: Grupo de investigación

3.10.2. Análisis estático

3.10.2.1. Fuerza cortante en la base

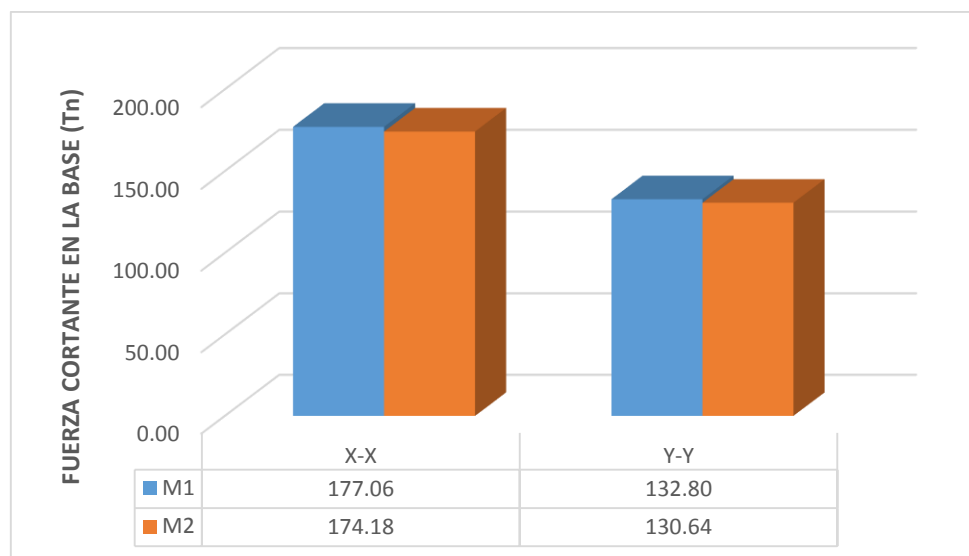


Figura 13: Fuerza cortante en la base en la dirección X-X e Y-Y

Fuente: Grupo de investigación

En la figura 13 se puede visualizar que la cortante basal del sistema aporticado con concreto modificado (M2) en la dirección X-X e Y-Y, disminuyó en un 1.69%, con respecto a la cortante basal en el sistema aporticado con concreto convencional (M1).

3.10.2.2. Fuerzas sísmicas en altura

En la figura 14 se puede visualizar que las fuerzas sísmicas horizontales en los niveles 2 y 3, para el sistema aporticado con concreto modificado son de 36.86 Tn y 55.29 Tn respectivamente, ocasionando una reducción de 1.40% con respecto a las fuerzas sísmicas del sistema aporticado con concreto convencional. Así mismo la fuerza sísmica en el nivel 4 tuvo una reducción de 2.08 % a favor del sistema aporticado con concreto modificado.

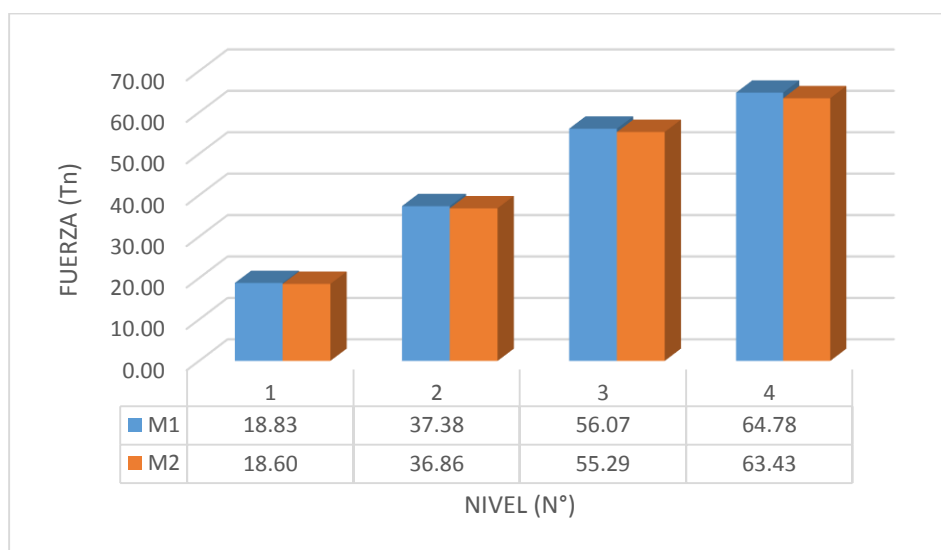


Figura 14: Fuerzas sísmicas en la dirección X-X.

Fuente: Grupo de investigación.

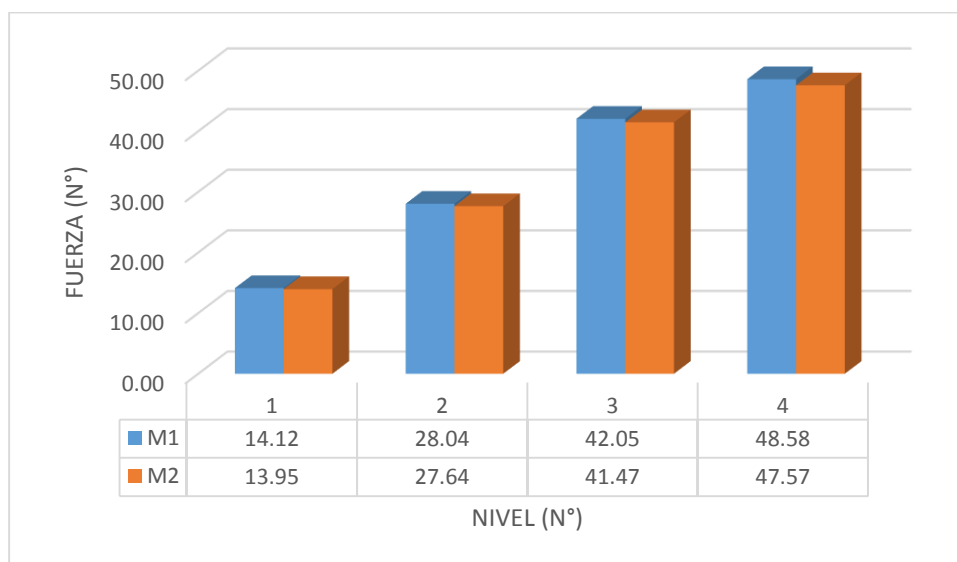


Figura 15: Fuerzas sísmicas en la dirección Y-Y.

Fuente: Grupo de investigación.

En la figura 15 se puede observar que las fuerzas sísmicas horizontales en los niveles 2 y 3 para el sistema aporticado con concreto modificado son de 27.64 Tn y 41.47 Tn respectivamente, ocasionando una reducción del 1.19%, con respecto a las fuerzas del sistema aporticado con concreto convencional. Así mismo la fuerza sísmica en el piso 4 tuvo una reducción del 2.08% a favor del sistema aporticado con concreto modificado.

3.10.2.3.Desplazamientos absolutos de centro de masas

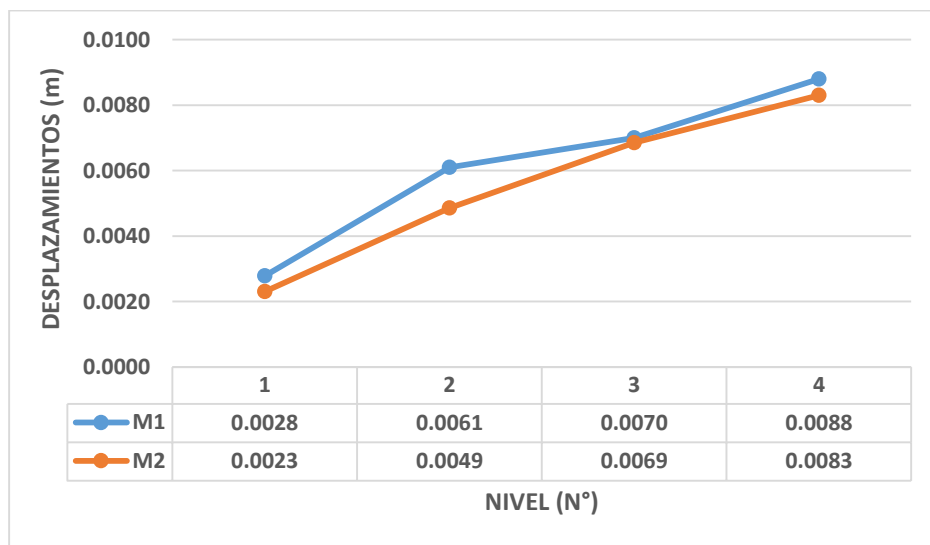


Figura 16: Desplazamientos absolutos en la dirección X-X.

Fuente: Grupo de investigación

En la figura 16 se muestra el comportamiento de los desplazamientos absolutos de centro de masas por nivel en la dirección X-X, en donde se observa que los desplazamientos del sistema aporticado con concreto modificado son menores y tiene un desplazamiento máximo en el nivel 4 con un valor de 0.83cm. Por otro lado también se puede observar que los desplazamientos del sistema aporticado con concreto convencional son mayores, teniendo un desplazamiento máximo en el piso 4 con 0.88 cm, implicando una variación de 0.05 cm.

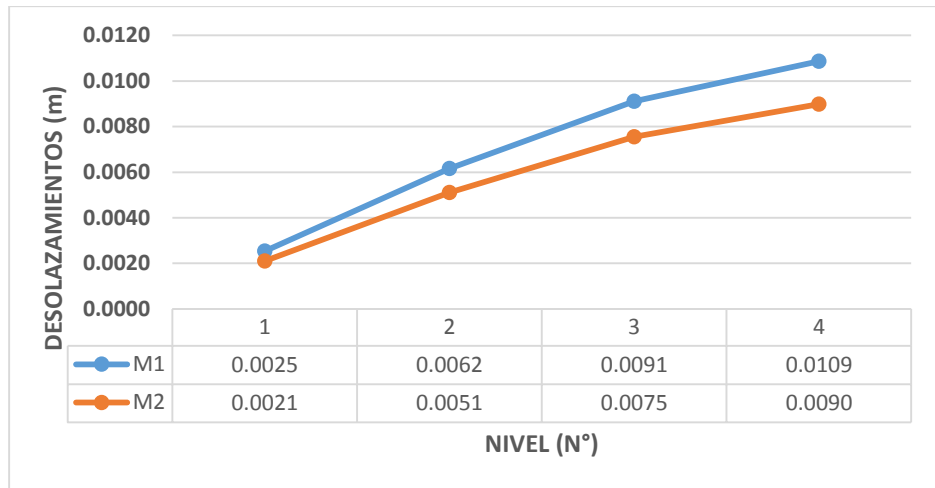


Figura 17: Desplazamientos absolutos en la dirección Y-Y

Fuente: Grupo de investigación

En la figura 17 se muestra el comportamiento de los desplazamientos absolutos de centro de masas por nivel en la dirección Y-Y, en donde se observa que los desplazamientos del sistema aporcado con concreto modificado son menores y tiene un desplazamiento máximo en el nivel 4 con un valor de 0.90 cm. Por otro lado también se puede observar que los desplazamientos del sistema aporcado con concreto convencional son mayores, teniendo un desplazamiento máximo en el piso 4 con 1.09 cm, implicando una variación de 0.19 cm.

3.10.2.4. Derivas de entrepiso

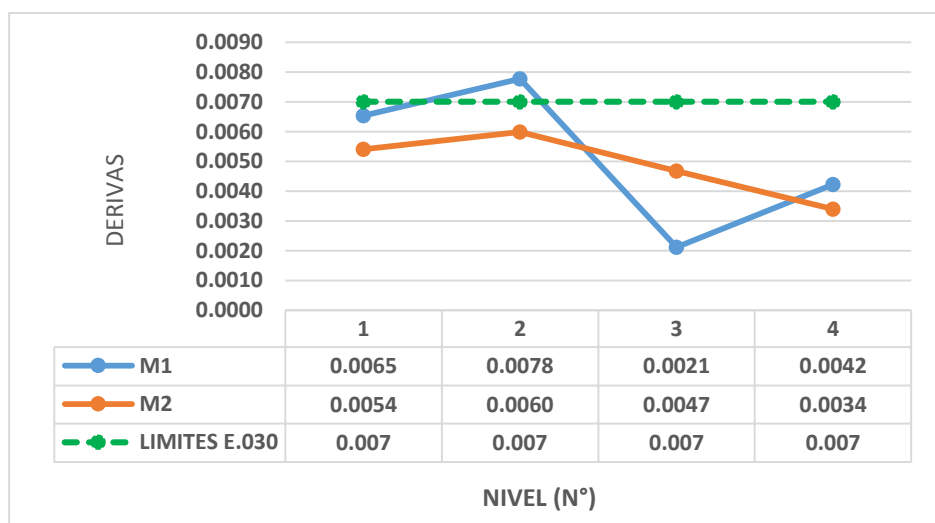


Figura 18: Derivas en la dirección X-X.

Fuente: Grupo de investigación.

En la figura 18, se puede visualizar las derivas de cada nivel en la dirección X-X, mostrando que las deriva del nivel 2 del sistema aporticado con concreto convencional no cumple con la deriva (0.007) permisible que indica a la norma E.030, mientras que las derivas del sistema aporticado con concreto modificado son menores y cumplen con las derivas permisibles.

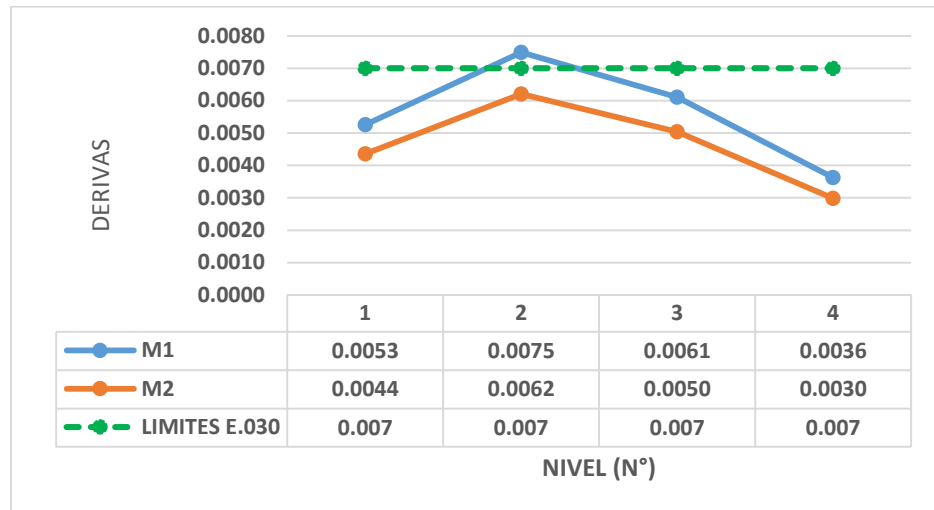


Figura 19: Derivas en la dirección Y-Y.

Fuente: Grupo de investigación

La figura 19 muestra las derivas en la dirección Y-Y de cada nivel, mostrando que la deriva del nivel 2 del sistema aporticado con concreto convencional no cumple con la deriva (0.007) permisible que exige la norma E.030 y son superiores a diferencia con las derivas del sistema aporticado con concreto modificado, siendo estas últimas menores y si cumplen con las derivas permisibles.

3.10.3. Análisis dinámico

3.10.3.1. Modos de vibración

En la figura 20 se puede observar los tres primeros modos del sistema aporticado con ambos concretos, indicando que el modo más predominante (modo 1) para el sistema aporticado con concreto convencional tuvo un periodo de 0.439 segundos, mientras que para el sistema con concreto modificado se tuvo un periodo de 0.398 segundos. Estos valores indican que el concreto modificado disminuye el periodo de vibración de la edificación.

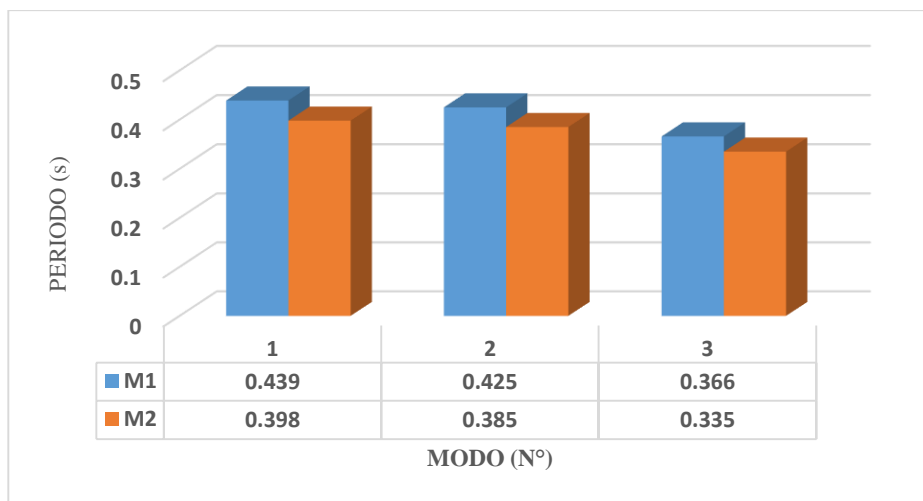


Figura 20: Modos 1, 2 y 3 de la estructura

Fuente: Grupo de investigación

3.10.3.2. Fuerza cortante en la base de diseño.

En la figura 21 se puede observar que la fuerza cortante en la base de diseño en la dirección X-X e Y-Y, para el sistema aperticado con concreto modificado fue 1.63% menor que la cortante basal de diseño con concreto convencional.

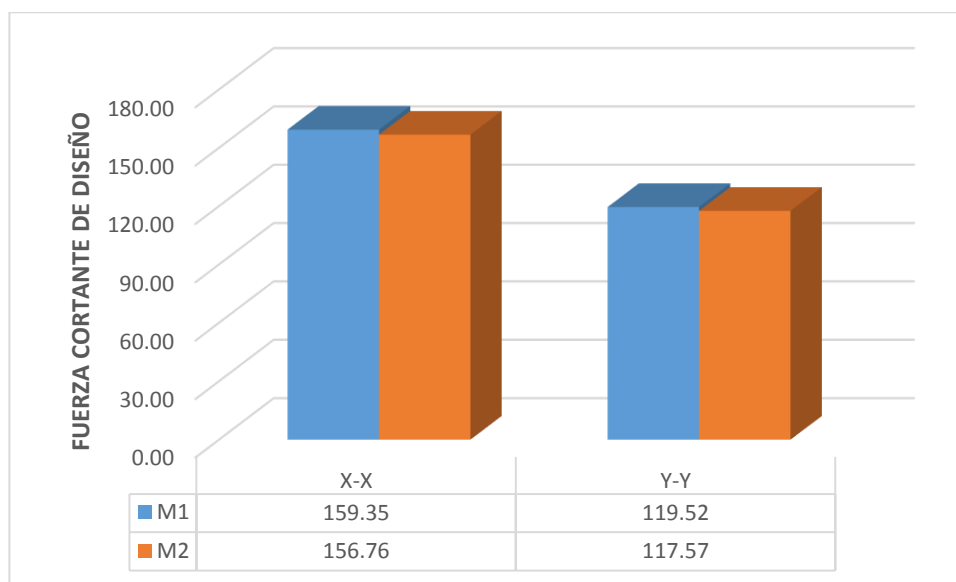


Figura 21: Fuerza cortante de diseño

Fuente: Grupo de investigación

3.10.3.3. Fuerzas sísmicas en altura

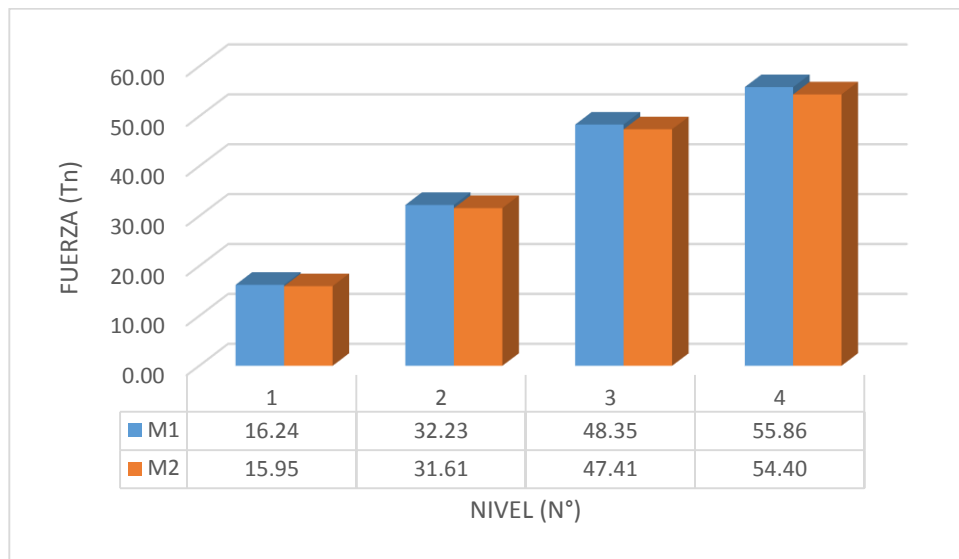


Figura 22: Fuerzas sísmicas en la dirección X-X

Fuente: Grupo de investigación

En la figura 22 se puede observar que las fuerzas sísmicas horizontales en los niveles 2 y 3 para el sistema aporticado con concreto modificado son de 31.61 Tn y 47.41 Tn en cada nivel respectivamente, ocasionando una reducción en un 1.94% con respecto a las fuerzas sísmicas del sistema aporticado con concreto convencional. Por otro lado la fuerza sísmica en el nivel 4 tuvo una reducción de 2.62% a favor del sistema aporticado con concreto modificado.

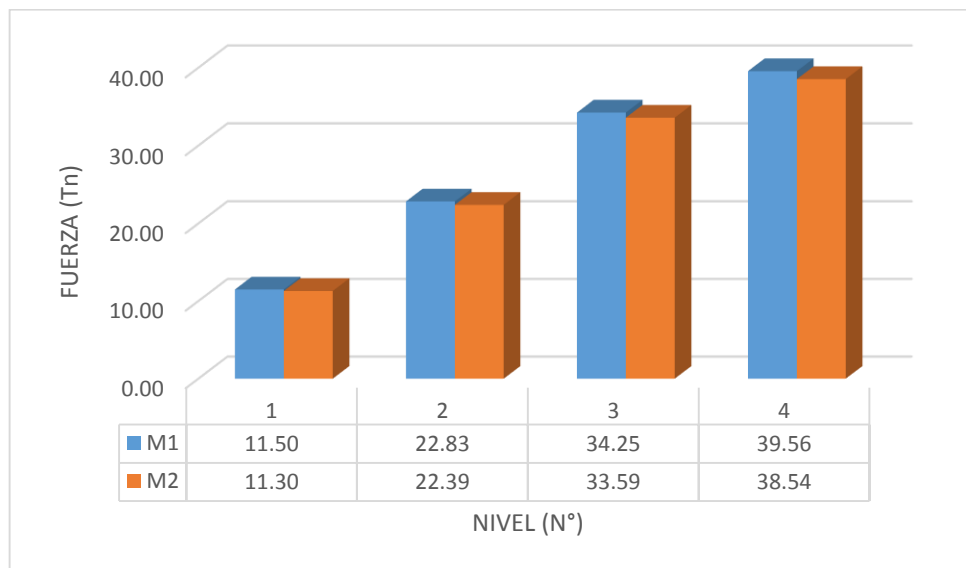


Figura 23: Fuerzas sísmicas en la dirección Y-Y.

Fuente: Grupo de investigación

En la figura 23 se muestra las fuerzas sísmicas en la dirección Y-Y, en donde se puede deducir que el sistema aporticado con concreto modificado, en los pisos 2 y 3 presenta fuerzas sísmicas de 22.39 Tn y 33.59 Tn, las cuales presentan una reducción del 1.91% a comparación de las fuerzas que presenta el sistema aporticado con concreto convencional en dichos niveles.

3.10.3.4. Desplazamientos absolutos de centro de masas

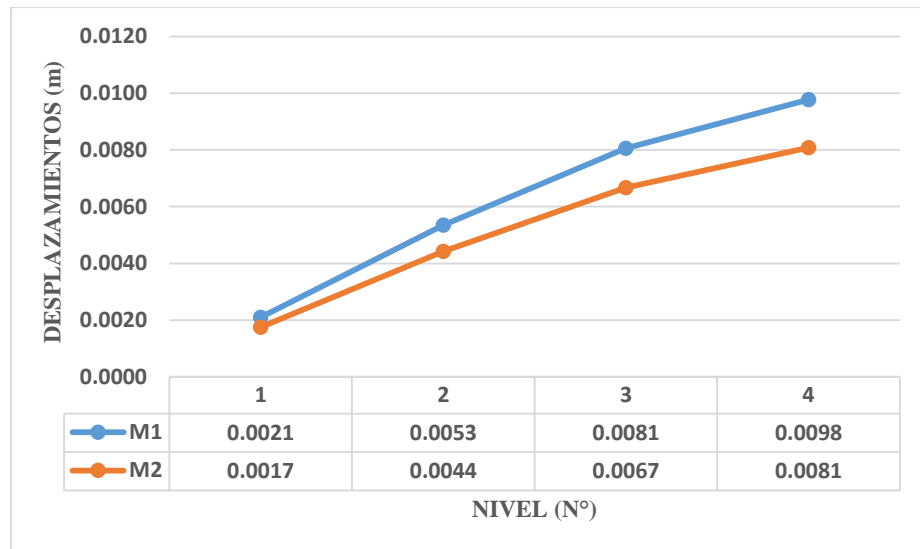


Figura 24: Desplazamientos absolutos en la dirección X-X

Fuente: Grupo de investigación

En la figura 24 se muestra el comportamiento de los desplazamientos absolutos de centro de masas de cada nivel en la dirección X-X, se observa que los desplazamientos del sistema aporticado con concreto modificado son menores y tienen un desplazamiento máximo en el nivel 4 con un valor de 0.81 cm. Además también se puede observar que los desplazamientos del sistema aporticado con concreto convencional son superiores y tienen un desplazamiento en el nivel 4 con 0.98 cm, indicando una diferencia de 0.17cm en dicho piso 4.

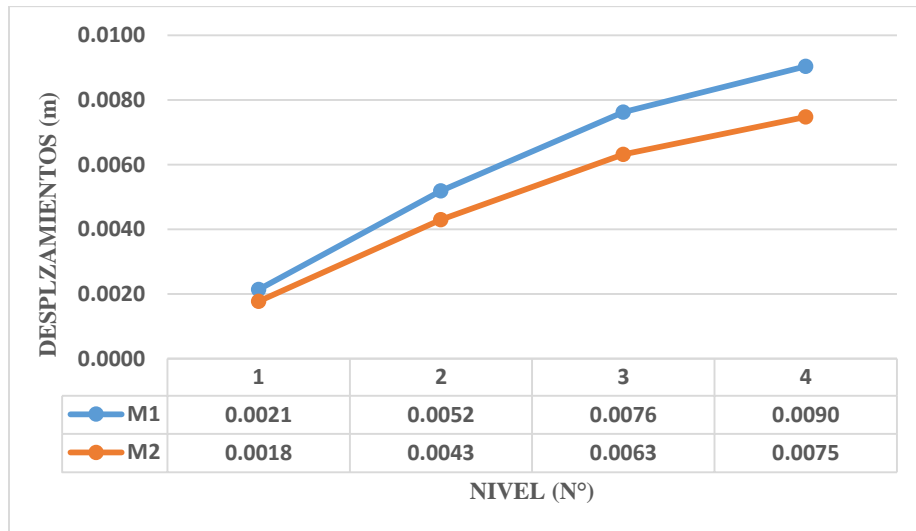


Figura 25: Desplazamientos absolutos en la dirección Y-Y

Fuente: Grupo de investigación

En la figura 25 se indica el comportamiento, de los desplazamientos absolutos de centro de masas por nivel en la dirección Y-Y, de donde se puede observar que los desplazamientos del sistema aporticado con concreto modificado son menores y tiene un desplazamiento máximo en el nivel 4 con un valor de 0.75 cm. Por otro lado también se puede observar que los desplazamientos del sistema aporticado con concreto convencional son mayores, teniendo un desplazamiento máximo en el piso 4 con 0.90 cm, ocasionando así una variación de 0.15 cm.

3.10.3.5. Derivas de entrepiso

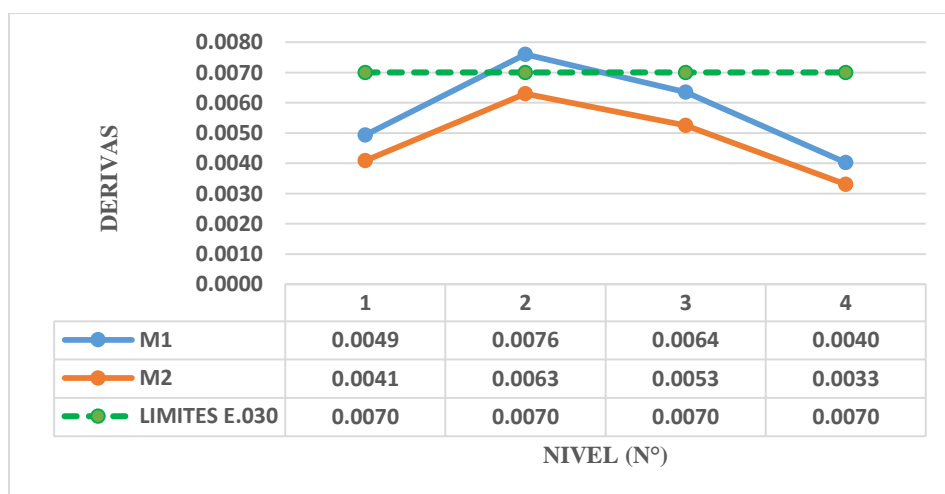


Figura 26: Derivas en la dirección X-X

Fuente: Grupo de investigación

En la figura 26, se puede visualizar las derivas de cada nivel en la dirección X-X, mostrando que la deriva del nivel 2 del sistema aporticado con concreto convencional no cumple con la deriva permisible que indica a la norma E.030 (0.007). Por otra parte las derivas del sistema aporticado con concreto modificado son menores y cumplen con las derivas permisibles.

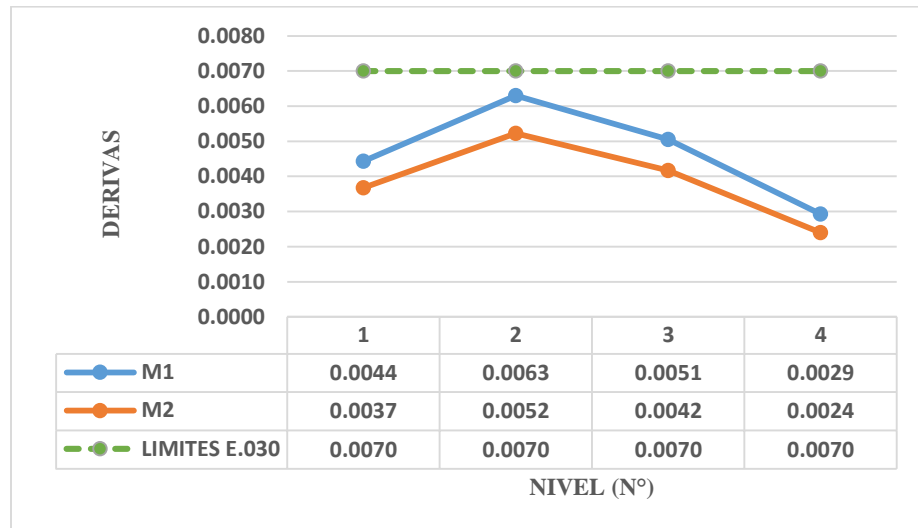


Figura 27: Derivas en la dirección Y-Y

Fuente: Grupo de investigación

La figura 27 muestra que las derivas en la dirección Y-Y de cada nivel, mostrando que las derivas del sistema aporticado con concreto convencional son mayores a diferencia de las derivas del sistema aporticado con concreto modificado, sin embargo para ambos concretos las derivas del sistema aporticado cumplen con la deriva permisible que indica la norma E.030.

3.10.3.6. Verificación del periodo fundamental de vibración

En la figura 28, se puede visualizar que el periodo fundamental de vibración para el sistema aporticado con concreto convencional fue de 0.439s y para el sistema aporticado con concreto modificado fue de 0.398s.

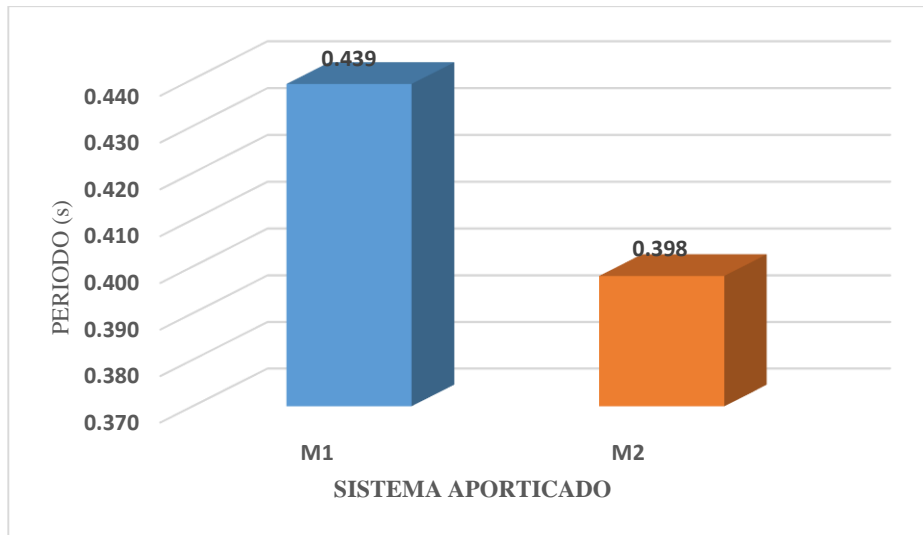


Figura 28: Periodo fundamental de vibración

Fuente: Grupo de investigación

IV. DISCUSIÓN

Para los ensayos de compresión se diseñó un concreto con un $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$, la rotura de probetas se realizó según lo indicado en la N.T.P. 339.034 y la norma ASTM C 39. Del cuadro 24, se puede observar que con la adición de poliestireno expandido en 3%, 6% y 9%, el grupo GE1 obtuvo una resistencia a la compresión de 216 kg/m^2 , de tal forma el grupo GE2 con 174 kg/m^2 y el Grupo GE3 con 202 kg/m^2 respectivamente, todos estos valores en su punto más alto de resistencia (28 días), siendo el Grupo GE1 el mejor resultado con respecto al grupo control con una variación de resistencia a la compresión del 10%. Por otra parte, se determinó peso específico siguiendo las recomendaciones de la norma ASTM C 128. Del cuadro 25, se puede apreciar que el valor más óptimo en compensación con la resistencia fue la adición de 3% de poliestireno expandido, obteniendo un peso específico de 2260 kg/m^3 . Dado esto, los resultados fueron comparados con las de otras investigaciones, con las cuales podemos afirmar que existe una disminución de peso específico del concreto y a su vez una pérdida de resistencia a la compresión el cual puede ser manejado, las cuales se sustentan con las siguientes investigaciones.

Según Silvestre (2015), se puede verificar que la resistencia a la compresión tiene una disminución para cada adición de poliestireno expandido (3%, 6% y 9%), siendo la máxima un 33.28% de pérdida de resistencia a los 28 días con respecto al concreto patrón, con esto generó un concreto liviano con un valor de resistencia perjudicial para el concreto, ya que fue diseñada con una resistencia de 210 kg/m^2 , y al no llegar a esos valores a los 28 días de edad, es un concreto no estructural por no alcanzar una resistencia mínima estipulada por la norma ACI 318. Así mismo Chauca (2018), indicó que los resultados de compresión que obtuvo de las probetas cilíndricas a los 7, 14 y 28 días con adiciones de 3%, 6% y 9% de poliestireno reciclado, mostró resultados poco óptimos, por el aumento en el porcentaje de poliestireno reciclado ya que reduce la resistencia para un concreto de 210 kg/cm^2 , con la excepción de la adición de poliestireno de 3%, el cual está dentro del rango permisible por la norma ACI 318, reflejando esto que mientras mayor sea la adición de poliestireno la resistencia a la compresión del concreto se verá muy afectada. En concordancia con nuestra investigación, destacó que para alcanzar una resistencia adecuada debemos tomar en cuenta la homogeneidad de la mezcla y el

diseño de un concreto con una elevada resistencia para obtener un balance entre peso específico y resistencia a la compresión.

Tras la recopilación de resultados que se obtuvieron de la primera etapa de la investigación se realizó el análisis sísmico de un sistema aporticado utilizando poliestireno expandido en el concreto y concreto convencional, los valores obtenidos se muestran en la figura 12, siendo el peso de la estructura con adición de poliestireno 884.74 tn y la estructura con concreto convencional 899.36 tn, teniendo una reducción de 14.62 Tn. De tal forma se calculó las cortantes basales en direcciones X-X e Y-Y (figura 13), hubo una reducción de 1.69% entre el concreto con poliestireno y concreto convencional, al verificar las derivas (figura 18) se observa que con el concreto convencional no cumple con la deriva permisible en el segundo piso, teniendo que rigidizar la estructura aumentando las dimensiones de los elementos estructurales, ya que sobrepasa los valores que indica a la norma E.030, mientras que las derivas de la estructura con poliestireno expandido en el concreto son menores y cumplen con las derivas permisibles en todos los niveles.

En concordancia con el Dr. Genner Villarreal Castro, que mencionó que para satisfacer los requisitos de rigidez y obtener mejores resultados en las derivas en edificios aporticados de 3 a 7 niveles es de necesidad emplear columnas cuadradas con lados de pueden ir de 50 a 75 cm, las cuales nos permitan tener un mejor comportamiento sismorresistente, estando estas fuertemente relacionado por tres etapas fundamentales que son: el diseño, el detallado y la realización concreta de su construcción

Por otro lado, Allauca (2016), evaluó el desempeño sismo resistente de un edificio aporticado de 5 pisos. Los resultados muestran que el periodo fundamental son 0.64 y 0.62 en dirección "X-X" e "Y-Y", el peso de la estructura es 3485 Tn, el cortante dinámico 235.15 Tn en "X-X" y 241.55 Tn en "Y-Y". En concordancia con el análisis elaborado en la presente investigación se destaca que el diseñar edificios aporticados con un buen comportamiento sísmico es de suma importancia adecuar cada elemento estructural para su debido análisis, comparado con los resultados obtenidos en la presente investigación, es de consideración destacar que los edificios aporticados tendrían un buen desempeño sismorresistente, siguiendo con los lineamientos de diseño necesarios para su conformación.

Los resultados de análisis del comportamiento sísmico de una edificación con la utilización de un concreto modificado son escasos, dado que los análisis se presentan sin influencia de las características físico- mecánicas de los materiales modificados.

Dicho esto, la mayoría de los estudios de desempeño o comportamiento sísmico se desarrollan con parámetros estipulados en la norma y materiales de uso convencional.

Esta investigación aporta un análisis del comportamiento sísmico de un sistema aporticado con los parámetros estipulados en la norma y con un material modificado, generando cambios en su estructura.

V. CONCLUSIONES

- Se realizó el análisis granulométrico de los agregados, en donde las curvas granulométricas del agregado fino y grueso cumplieron con los límites superiores e inferiores que indica la norma ASTM C 33. Así también se determinó las propiedades físicas, obteniendo para el agregado fino un módulo de fineza igual a 2.58, un peso específico de 2580 kg/m³, una absorción de 2.20%, un contenido de humedad 1.72%, un peso unitario suelto 1562 kg/m³ y un peso unitario compactado de 1692 kg/m³. Por otro lado para el agregado grueso se obtuvo un peso específico de 2630 kg/m³, una absorción de 1.22%, un contenido de humedad de 0.94%, un peso unitario seco suelto de 1378 kg/m³, un peso unitario compactado de 1497 kg/m³ y tamaño máximo nominal de 3/4".
- Se realizó el diseño de mezcla para una resistencia de 240 kg/cm², obteniendo una proporción en peso corregidos por humedad de 1 : 1.87 : 2.43 + 22.55 Lts/Bls. Así también se realizó la proporción de materiales para una probeta, en peso corregidos por humedad, de 2.89 kg de cemento, 5.22 kg de agregado fino, 6.77 kg de agregado grueso y 1.48 litros de agua; adicionando 0 g, 2.1 g, 4.2g y 6.3 g de poliestireno expandido para el GC (grupo control), GE1 (3% de P.E), GE2 (6% de P.E) y GE3 (9% de P.E) respectivamente.
- Las resistencias máximas en promedio a la compresión a los 28 días de edad que se obtuvieron fueron de 240 kg/cm², 216 kg/cm², 174 kg/cm² y 202 kg/cm² para los grupos el GC (grupo control), GE1 (3% de P.E), GE2 (6% de P.E) y GE3 (9% de P.E) respectivamente. Indicando que se obtuvo una mejor resistencia en el grupo experimental 1 (GE1 con 3% de P. E.), debido a que se adiciono una cantidad menor de poliestireno expandido que los otros grupos experimentales.
- Se determinó el peso específico del concreto para el GC, GE1, GE2 y GE3 obteniendo resultados de 2408 kg/m³, 2360 kg/m³, 2332 k/m³ y 2307 kg/m³, en donde se adiciono 100 kg/m³ a peso del concreto simple de cada grupo. El peso específico del concreto simple fue de 2308 kg/m³, 2260 kg/m³, 2232 kg/m³ y 2207 kg/m³ para el grupo control (GC) y los grupos experimentales (GE1, GE2 y GE3) respectivamente.

- El módulo de elasticidad para el concreto del grupo control (GC) y los grupos experimentales (GE1, GE2 y GE3) que se obtuvieron fueron de 235527.66 kg/cm², 216502.06 kg/cm², 190847.38 kg/cm² y 201992.88 kg/cm² respectivamente. Estos valores se determinaron en función al peso unitario del concreto simple y la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días de edad.
- Se realizó el diseño de arquitectura de un multifamiliar de 4 niveles, destinado para vivienda, en la que se empleó un sistema aporticado conformado por columnas de concreto armado, respetando las dimensiones mínimas e indicaciones de la Norma A.010 y A.020. El primer nivel contempla una cochera, una recepción y dos salas de espera, mientras que los niveles 2, 3 y 4 son distribuciones típicas que contemplan tres departamentos y minidepartamento por nivel, en donde cada departamento cuenta con 2 dormitorios una sala-comedor, una cocina, una lavandería y un baño completo, y el minidepartamento contempla un dormitorio, una cocina, una sala-comedor y un baño principal.
- Se realizó el análisis sismorresistente del sistema aporticado con concreto convencional con un $f'_c=240$ kg/cm² y un peso específico de 2400 kg/m³, en donde el peso total de la edificación que se obtuvo fue de 899.36 Tn. En el análisis dinámico se obtuvo periodos de 0.439s, 0.425s y 0.366s para los tres primeros modos del sistema respectivamente, se obtuvo una fuerza cortante en la base de diseño de 159.35 Tn en la dirección X-X y 119.52 Tn en la dirección Y-Y, así mismo se obtuvo un desplazamiento máximo absoluto de centro de masas de 0.98 cm y 0.90 en la dirección X-X e Y-Y respectivamente. La deriva máxima en la dirección X-X fue de 0.0076 en el nivel 2 y en la dirección Y-Y fue de 0.0063 correspondiente al nivel 2. Así también se indica que las fuerzas sísmicas en altura en la dirección X-X fueron 16.24 Tn, 32.23 Tn, 48.35 Tn y 55.86 Tn para los niveles 1, 2, 3 y 4 respectivamente, y en la dirección Y-Y fueron de 11.50 Tn, 22.83 Tn, 34.25 Tn y 39.56 Tn para los niveles 1, 2, 3 y 4 respectivamente.
- Se realizó el análisis sismorresistente del sistema aporticado con concreto modificado (3% de poliestireno expandido) con un $f'_c=216$ kg/cm² y un peso específico de 2360 kg/m³ en donde se obtuvo un peso total de la edificación de 884.74 Tn. En el análisis dinámico se obtuvo periodos de 0.398s, 0.385s y

0.335s para los tres primeros modos del sistema respectivamente, se obtuvo una fuerza cortante en la base de diseño de 156.76 Tn en la dirección X-X y 117.57 Tn en la dirección Y-Y, así mismo se obtuvo un desplazamiento máximo absoluto de centro de masas de 0.81 cm y 0.75 cm en la dirección X-X e Y-Y respectivamente. Se obtuvo una deriva máxima de 0.0063 en el nivel 2 en la dirección X-X y 0.0052 en la dirección Y-Y correspondiente al nivel 2. Así también se indica que las fuerzas sísmicas en altura en la dirección X-X fueron 15.95 Tn, 31.61 Tn, 47.41 Tn y 54.86 Tn para los niveles 1, 2, 3 y 4 respectivamente, y en la dirección Y-Y fueron de 11.30 Tn, 22.39 Tn, 33.59 Tn y 38.54 Tn para los niveles 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

- En la comparación cuantitativa entre el análisis sismorresistente del sistema aporticado con concreto convencional y el análisis sismorresistente con concreto modificado, fundamentalmente se comparó el análisis dinámico modal, en la que el peso del sistema aporticado con concreto modificado fue de 884.74 Tn, reduciendo en 1.63 % respecto al sistema aporticado con concreto convencional. Los periodos de los tres primeros modos para el sistema con concreto modificado tiene una diferencia menor de 0.041s, 0.04s y 0.031s con respecto a los periodos de los modos del concreto convencional. La fuerza cortante en la base de diseño para el concreto modificado es 1.63% menor que la fuerza de diseño en el sistema aporticado con concreto convencional, implicando menor acero en un posible diseño estructural. El desplazamiento máximo absoluto (X-X) en el concreto modificado es 0.17 cm menor que en el sistema con concreto convencional. La deriva del nivel 2 (X-X) para el concreto convencional, no cumple con la deriva permisible que indica la norma E.030, sin embargo para el sistema aporticado con concreto modificado la deriva del mismo nivel y de los otros niveles cumplen con la deriva permisible.

VI. RECOMENDACIONES

- ❖ Cuando se estudia las propiedades de los agregados, también se debe realizar un análisis de las propiedades físicas y químicas del poliestireno expandido para conocer su peso específico y su reacción química frente al concreto.
- ❖ Para una futura investigación acerca del poliestireno expandido en el concreto, se recomienda realizar un diseño de mezcla de alta resistencia, reemplazando el agregado fino por el poliestireno expandido en 3%, 6% y 9%, obteniendo así un peso específico mucho menor.
- ❖ Se recomienda usar un aditivo para el concreto, que se adapte a las características del poliestireno expandido, para lograr una resistencia a la compresión igual o mayor a la resistencia patrón, por el motivo que la resistencia disminuye cuando se adiciona poliestireno expandido.
- ❖ Se recomienda determinar el peso específico del concreto convencional y con poliestireno expandido a los 56 días de edad, y evaluar alguna diferencia con el peso específico determinado a los 7, 14 y 28 días.
- ❖ Se recomienda determinar los valores de módulo de elasticidad y la relación de Poisson experimentalmente (ASTM C 469), para concretos en la que se utilice poliestireno expandido, para realizar un análisis sismorresistente con precisión y obtener resultados exactos.
- ❖ Para la obtención de mejores resultados y obtener un mejor comportamiento sísmico, se debe realizar un análisis sismorresistente con concreto utilizando poliestireno expandido, en edificaciones simétricas, regulares en planta y elevación.
- ❖ Se recomienda que los resultados obtenidos en el grupo experimental uno (3% de P.E), se aplique a sistemas estructurales como muros de concreto o duales, mayor a 8 niveles, para obtener un mejor comportamiento sísmico indicado en el peso, simetría, resistencia, modos de vibración, continuidad estructural y deformaciones laterales adecuadas.
- ❖ Se recomienda realizar un análisis sismorresistente de estructuras aporticadas, con los resultados del grupo experimental uno (3% de P.E.), utilizando disipadores Shear Link Bozoo y evaluar su comportamiento sísmico comparándolo con estructuras aporticadas convencionales.

- ❖ Se recomienda realizar una comparación de diseño estructural entre un sistema estructural con concreto convencional y un diseño estructural con concreto utilizando poliestireno expandido, fundamentalmente en la cantidad de acero, cantidad de concreto y costos de estructuras.

REFERENCIAS

PRICEWATERHOUSECOOPERS. Crecimiento del sector construcción superará el PIB mundial en diez años. Ámsterdam: Informe, 2014.

CAPECO (Cámara Peruana de la Construcción). ed.: III Estudio del Mercado de Edificaciones Urbanas en la ciudad de Trujillo - Perú, 2018.

INSTITUTO Geofísico del Perú. Desarrollo urbano y sismología. Lima: Informe, 2016.

LUJÁN S. ed.: Microzonificación Geotécnica del Distrito de Trujillo - Perú, 2011.

ENRIQUE F. Luján Silva. ed.: Microzonificación Geotécnica del Distrito de Trujillo - Perú, 2011. Disponible en <https://docplayer.es/5885199-Microzonificacion-geotecnica-del-distrito-de-trujillo.html>.

CENTRO de Innovación Tecnológica para la Construcción. Utilización del concreto en el mundo. España: Informe, 2016.

EVALUACIÓN del poliestireno expandido con mortero de cemento expuesto al fuego por Martines [et al]. Valencia Venezuela: Universidad de Carabobo, 24(1), abril 2017.

AVECILLAS. Alternativa estructural - constructiva de entresijos y techos de hormigón armado con bloques de poliestireno expandido. Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil. Cuenca - Ecuador, 2016.

ALLAUCA. Desempeño sísmico de un edificio aporticado de cinco pisos diseñado con las normas peruanas de edificaciones. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Lima - Perú, 2016.

SILVESTRE. Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales. Investigación. Pereira - Colombia, 2015.

SERRANO. Guzmán. Análisis de sensibilidad para estimar el módulo de elasticidad estático del concreto por. Revista AC, 30:17-30, 2015, ISSN:2007-3011.

LITUMA. Zhunio. Influencia de las perlas de poliestireno expandido (EPS) en el peso y en la resistencia a compresión del hormigón. Trabajo previo a la obtención de título de Ingeniero Civil. Cuenca - Ecuador, 2015.

AGUAGUIÑA. Análisis y Diseño Sísmico de Edificios Altos de Construcción Compuesta y Recomendaciones de Estudios Experimentales de Conexiones, Arriostramientos y Cruciformes Sujetos a Cargas Dinámicas, para la Ciudad de Guayaquil. Tesis de grado previo a la obtención de título de Ingeniero Civil. Guayaquil - Ecuador, 2014.

EMPUJE dinámico en estructuras de retención con inclusión compresible por Gonzales [et al]. Ingeniería Investigación y Tecnología, volumen XV (4), 517-527, octubre-diciembre 2014.

INNOVACIÓN al sistema constructivo de paneles de espuma de poliestireno expandido, para incorporación de elementos estructurales, en construcción de vivienda por Alfonso Moreno Salazar [et al]. Huesca - España: 2(8):715 – 730, julio 2015.

LEÓN. Diseño, fabricación y ensayo de una losa unidireccional de hormigón liviano con poliestireno expandido reciclado modificado para fines habitacionales. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil en Obras Civiles. Valdivia - Chile, 2013.

REGLAMENTO Nacional de Edificaciones (Perú). Normas E-060 Concreto armado, E-030 Diseño sismorresistente, E-020 Cargas. Lima: RNE, 2018..

GUTIÉRREZ. ed.: Propiedades físico – mecánicas del concreto. Colombia, 2003.

QUEVEDO. Granulometría de agregados (grueso y fino). Perú: Investigación. Universidad Nacional de Santa, 2014.

LAURA. Diseño de mezclas para concreto. Perú: Investigación. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, 2006.

INSTITUTO mexicano del cemento y del concreto (IMCYC). Resistencia a la compresión del concreto. México: Informe, 2006.

NORMA ASTM C-138. Densidad y el contenido de aire a partir de una mezcla de concreto fresco. Estados Unidos: ASTM International, 2017.

ASOCIACIÓN Nacional de Poliestireno expandido de España (ANAPE). Poliestireno expandido. España: Informe, 2015.

ROSSACCI. Shivkumar. Fabricación del poliestireno expandido. Estados Unidos: Instituto Politécnico de Worcester, 2009.

SOLÍS. Poliestireno expandido Knauf Therm Th35. España: Informe, 2005.

GIL y Rivera. Análisis del concreto con poliestireno expandido como aditivo para aligerar elementos estructurales. Investigación. Colombia, 2015.

RODRÍGUEZ et al. ed.: Estudio de suelos para una construcción. México, 1984.

CAMPBELL. Análisis sísmico modal espectral de estructuras considerando factores R modales. Investigación. Universidad de Serena. Chile, 2010.

VILLAREAL. ed.: Predimensionamiento de elementos estructurales. Perú, 2016.

SAN Bartolomé. ed.: Albañilería confinada. Perú, 1998.

MICROZONIFICACIÓN Geotécnica del Distrito de Trujillo. Capacidad portante de suelos. Trujillo-Perú, 2011.

INSTITUTO Americano del Concreto. Diseño de mezcla. Estados Unidos: American Concrete Institute (ACI), 2016.

OSSA. Comportamiento mecánico del poliestireno expandido (EPS) bajo carga de compresión. Tesis doctoral. México, 2009.

VAITKUS. Volumen de aire ocluido al interior de cada una de las celdas. Chile: Artículo, 2006.

JIANG L, et al.: “Expanded polystyrene lightweight aggregate concrete and brick,” *Construction and Building Materials*, 2012.

LIU J, et al.: “Contribution of hybrid fibers on the properties of the high-strength lightweight concrete having good workability”, 2005.

COOK D, Expanded Polystyrene Beads as Lightweight Aggregate for Concrete, University of New South Wales, 1972.

MILED, et al.: “Particle size effect on EPS lightweight concrete compressive strength: experimental investigation”, 2007.

FRONDISTOU Yannis et al.: “Marine floating concrete made with polystyrene expanded beads,” *Magazine of Concrete*, 1976.

CHEN B. et al.: “Mechanical properties of polymer-modified concretes containing expanded polystyrene beads,” *Construction and Materials*, 2007.

BABU K. et al.: “Behaviour of lightweight expanded polystyrene concrete containing silica fume,” *Cement and Concrete*, 2003.

BISCHOFF P, et al.: “Mix details and material behaviour of polystyrene aggregate concrete,” *Magazine of Concrete*, 1991.

DAI W. et al., "Experimental studies of the seismic behavior of double-layer lattice space structures I: experimental verification," *Engineering Failure Analysis*, 2016.

ANEXOS

ANEXO 1

Registros fotográficos

Descripción: Visita y Recolección de agregados en la cantera “Alonso”, donde se obtuvieron los materiales para realizar la investigación.



Descripción: Recolección y transporte de agregados fino y grueso.



Descripción: Transporte de los agregados para su respectivo análisis en el laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo.



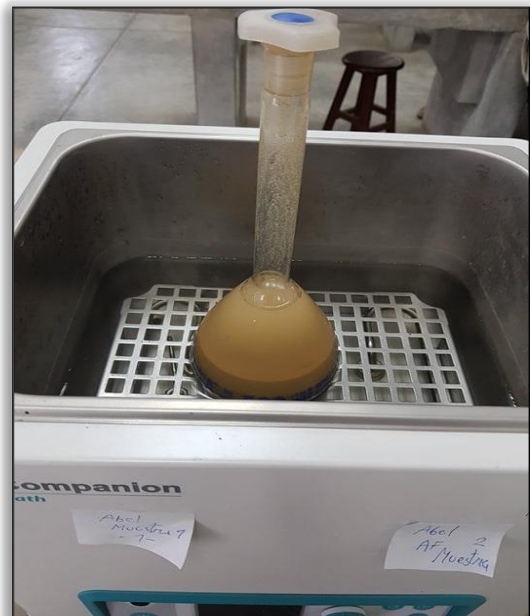
Descripción: Tamices para el análisis granulométrico de los agregados.



Descripción: Agregando agua destilada a la Fiola con agregado fino.



Descripción: Colocación de la Fiola para el baño María, con el que se determinó el peso específico y absorción del agregado fino.



Descripción: Después de obtener las proporciones mediante el diseño de mezcla procedimos a pesar la cantidad de arena, piedra, cemento, agua y poliestireno expandido que utilizamos para la elaboración del concreto.



Descripción: Preparando la maquina mezcladora para batir la mezcla; el tambor tiene una capacidad de 0.14 m³, resultándonos 3 probetas por tandada.



Descripción: Separamos los materiales en 3 tandas debido a la capacidad de la mezcladora, esto se realizó adicionando poliestireno expandido en 3%, 6% y 9%, se realizaron 9 probetas para cada porcentaje, por otro lado, también se realizaron 9 probetas de concreto patrón sin poliestireno expandido en la mezcla.



Descripción: Preparando una de las tandas para batir la mezcla con poliestireno expandido.



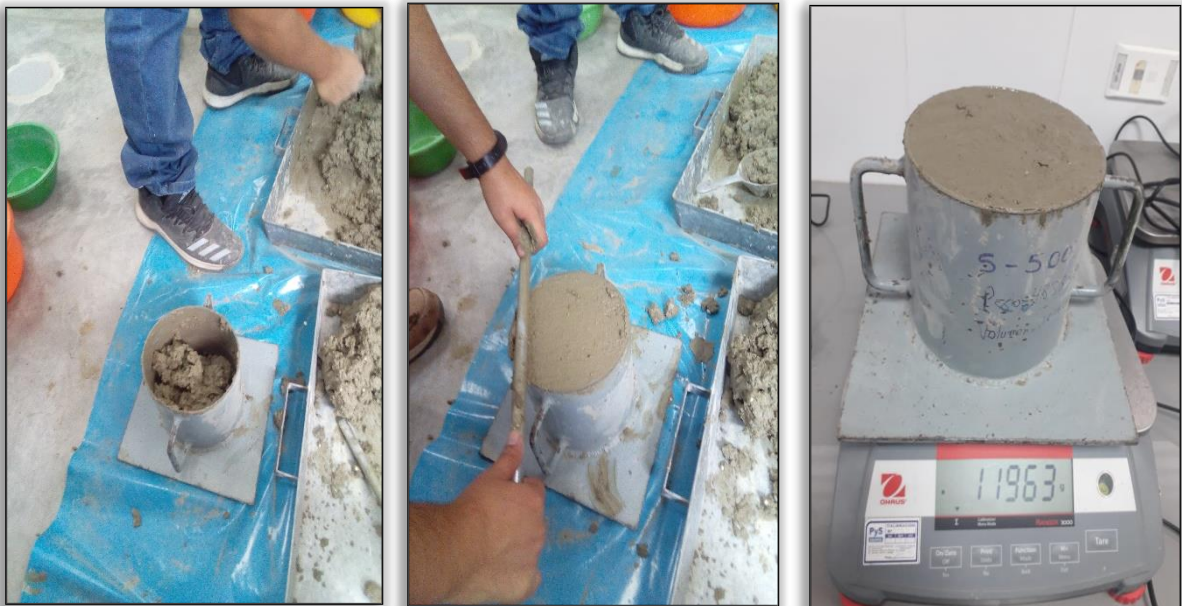
Descripción: Añadiendo los materiales a la mezcladora.



Descripción: Ensayo del cono de Abrams, con el que determinamos el máximo asentamiento del concreto (SLUMP).



Descripción: Determinamos el peso unitario suelto y compactado del concreto, se realizó para todas las proporciones con poliestireno expandido y para el concreto patrón.



Descripción: Elaboración de las probetas cilíndricas.



Descripción: Probetas cilíndricas con los porcentajes de poliestireno expandido.



Descripción: Desencofrado de Probetas.



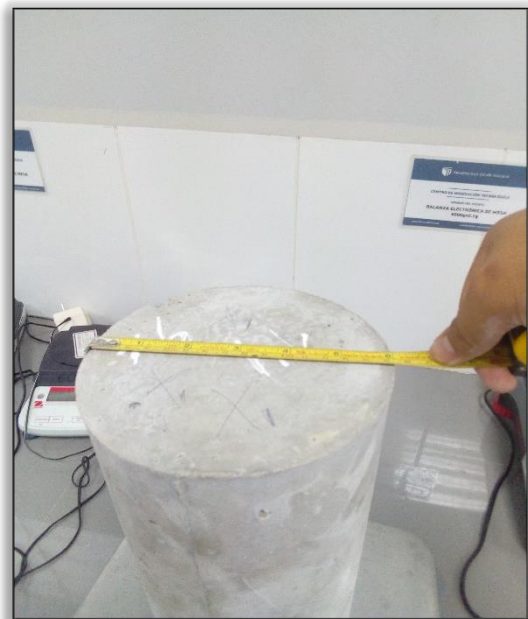
Descripción: Curado de las probetas cilíndricas.



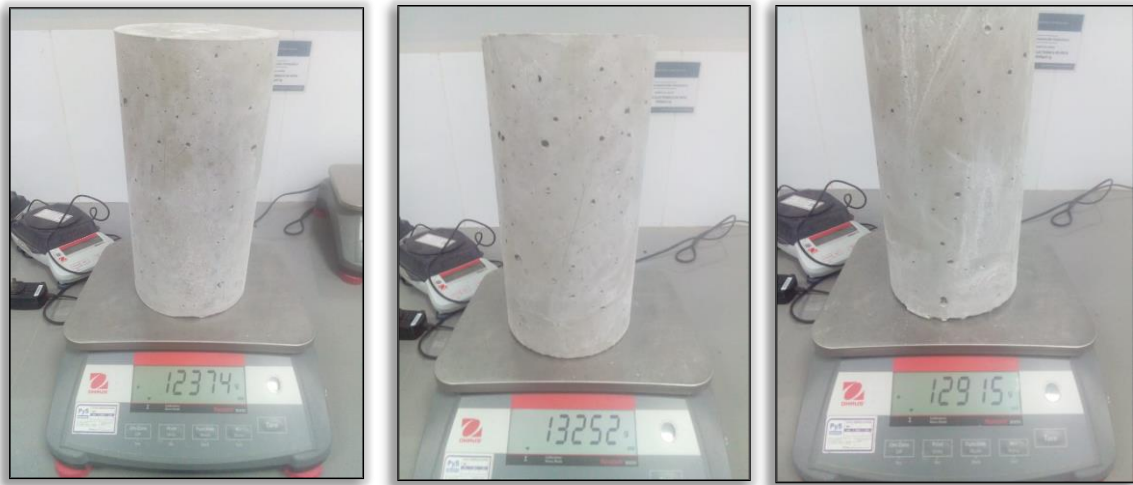
Descripción: Se procedió a retirar las probetas de tanque para ser sometidas a ensayo de compresión a los 7, 14 y 28 días, se dejó que se secan 16 horas antes de someterlas a ensayo.



Descripción: Se realizó las medidas del diámetro y la altura exactas, de las probetas para determinar su peso específico de manera más exacta.



Descripción: Determinamos el Peso de cada probeta.



Descripción: Ruptura de probetas a las edades de 7, 14 y 28 días, con las que obtuvimos la resistencia a la compresión; se puede apreciar que las perlas de poliestireno expandido aún mantienen su forma.



ANEXO 2

Análisis granulométrico del agregado fino

a) Granulometría (ASTM C-136, ASTM C-33 y N.T.P. 400.012)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS
ASTM C 136**

PROYECTO : COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO EN EL CONCRETO, TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : DE LA CRUZ MARIÑOS ABEL ANTONIO - MORI PINEDO GIANCARLO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : ABRIL DEL 2019

MUESTRA : C-X / A'F' / CANTERA ALONSO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

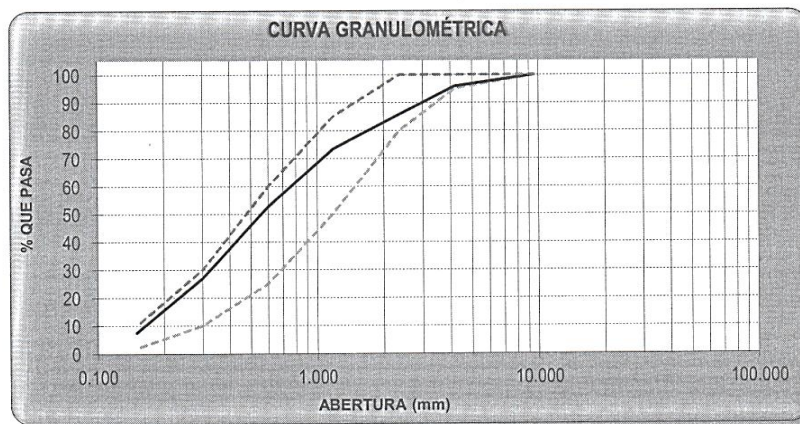
DATOS DEL ENSAYO

Peso total de la muestra tamizada : 500.00

Peso de muestra tamizada sin plato : 462.35

Peso de muestra en el plato : 37.65

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Requisito de % que Pasa	Contenido de Humedad
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	1.72%
No4	4.178	20.54	4.11	4.11	95.89	95 - 100	
8	2.360	50.05	10.01	14.12	85.88	80 - 100	Módulo de Finura
16	1.180	62.28	12.46	26.57	73.43	50 - 85	2.58
30	0.600	103.60	20.72	47.29	52.71	25 - 60	Tamaño Máximo
50	0.300	128.47	25.69	72.99	27.01	10 - 30	3/8"
100	0.150	97.41	19.48	92.47	7.53	2 - 10	Tamaño Máximo Nominal
PLATO		37.65	7.53	100.00	0.00		
Total		500.00	100.00				No4 = 4.178 mm



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo

b) Contenido de humedad (N.T.P. 339.185-2002).



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO
MTC E 215

PROYECTO : COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO EN EL CONCRETO, TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : DE LA CRUZ MARIÑO ABEL ANTONIO - MORI PINEDO GIANCARLO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : ABRIL DEL 2019

MUESTRA : C-X / A* / / CANTERA ALONSO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

MTC E 215

Descripción		Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro	(g)	51.50	52.66	51.15
Peso del tarro + suelo humedo	(g)	167.47	175.79	179.63
Peso del tarro + suelo seco	(g)	165.56	173.73	177.39
Peso del suelo seco	(g)	114.06	121.07	126.24
Peso del agua	(g)	1.91	2.06	2.24
% de humedad	(%)	1.67	1.70	1.77
% de humedad promedio	(%)	1.72		

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo

c) Peso específico y absorción (ASTM C-128).



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS
ASTM C 128

PROYECTO : COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO EN EL CONCRETO, TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : DE LA CRUZ MARIÑOS ABEL ANTONIO - MORI PINEDO GIANCARLO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : ABRIL DEL 2019

MUESTRA : C-X / A°F / CANTERA ALONSO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE A° F°	Ensayo 01	Ensayo 02
A= Peso en el aire de la muestra seca (g)	488.90	489.60
B= Peso de la fiola afroada llena de agua (g)	638.70	631.00
C= Peso total de la fiola, aforada con la muestra y agua (g)	948.90	942.20
S= Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)	500.00	500.00
Peso específico de masa (Pem)	2.58	2.59
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	2.63	2.65
Peso específico aparente (Pea)	2.74	2.74
Absorción (%)	2.27	2.12
PESO ESPECÍFICO DE MASA PROMEDIO (Pem)	2.58	
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (PeSSS)	2.64	
PESO ESPECÍFICO APARENTE PROMEDIO (Pea)	2.74	
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	2.20	

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo

d) Peso unitario suelto (ASTM C-29, N.T.P.400.017)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS
ASTM C-29

PROYECTO : COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO EN EL CONCRETO, TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : DE LA CRUZ MARIÑOS ABEL ANTONIO - MORI PINEDO GIANCARLO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : ABRIL DEL 2019

MUESTRA : C-X / A*F* / CANTERA ALONSO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO

Método Suelto

Muestra N°	1	2
Peso del frasco (gr)	4888.00	4888.00
Volúmen del frasco (cm ³)	3026.00	3026.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	9640.00	9593.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	4752.00	4705.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.570	1.555
Contenido de Humedad (%)	1.72%	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1.570	1.555
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm ³)	1.562	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m ³)	1562.36	
% de Vacíos	39.55%	

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo

e) Peso unitario compactado por apisonado (ASTM C-29, N.T.P.400.017)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS
ASTM C-29

PROYECTO : COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO EN EL CONCRETO, TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : DE LA CRUZ MARIÑOS ABEL ANTONIO - MORI PINEDO GIANCARLO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : ABRIL DEL 2019

MUESTRA : C-X / A* / CANTERA ALONSO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO

Método compactado por apisonado

Muestra N°	1	2
Peso del frasco (gr)	4888.00	4888.00
Volúmen del frasco (cm3)	3026.00	3026.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	10010.00	10005.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	5122.00	5117.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1.693	1.691
Contenido de Humedad (%)	1.72%	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1.692	1.691
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm3)	1.692	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m3)	1691.55	
% de Vacíos	34.55%	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo

ANEXO 3

Análisis granulométrico del agregado grueso

a) Granulometría (ASTM C-136, ASTM C-33 y N.T.P. 400.012).



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS
ASTM C 136**

PROYECTO : COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO EN EL CONCRETO, TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : DE LA CRUZ MARIÑOS ABEL ANTONIO - MORI PINEDO GIANCARLO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : ABRIL DEL 2019

MUESTRA : C-X / A'G' / CANTERA ALONSO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

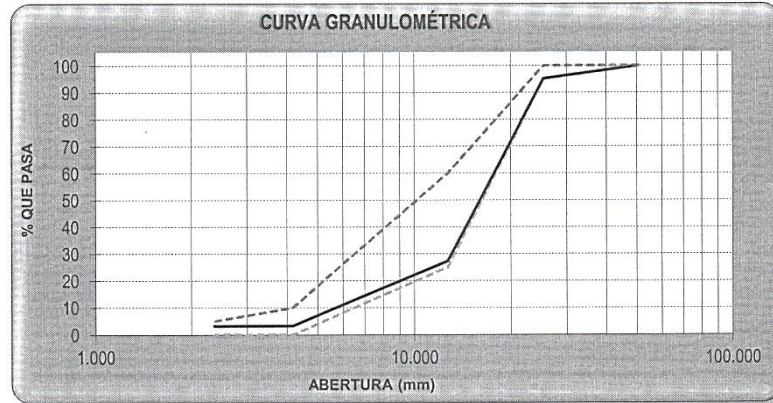
DATOS DEL ENSAYO

Peso total de la muestra tamizada : 2000.00

Peso de muestra tamizada sin plato : 1935.70

Peso de muestra en el plato : 64.30

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Requisito de % que Pasa	Contenido de Humedad
3 plg	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	0.94%
2 plg	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	Módulo de Finura
1 1/2 plg	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	
1 plg	25.400	97.10	4.86	4.86	95.15	95 - 100	7.17
3/4 plg	19.050	595.10	29.76	29.76	34.61	65.39	Tamaño Máximo
1/2 plg	12.700	762.10	38.11	72.72	27.29	25 - 60	
3/8 plg	9.525	319.90	16.00	88.71	11.29		1 plg
No4	4.75	159.60	7.98	96.69	3.31	0 - 10	Tamaño Máximo Nominal
8	2.360	1.90	0.10	96.79	3.21	0 - 5	
PLATO		64.30	3.21	100.00	0.00		3/4 plg = 19.05 mm
Total		2000.00	100.00				



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emmanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo

b) Contenido de humedad (N.T.P. 339.185-2002).



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

METODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO
MTC E 215

PROYECTO : COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO EN EL CONCRETO, TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : DE LA CRUZ MARIÑOS ABEL ANTONIO - MORI PINEDO GIANCARLO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : ABRIL DEL 2019

MUESTRA : C-X / A'G' / CANTERA ALONSO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

MTC E 215

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	29.62	38.00	30.59
Peso del tarro + suelo humedo (g)	316.27	307.23	270.65
Peso del tarro + suelo seco (g)	313.65	304.59	268.47
Peso del suelo seco (g)	284.03	266.59	237.88
Peso del agua (g)	2.62	2.64	2.18
% de humedad (%)	0.92	0.99	0.92
% de humedad promedio (%)	0.94		

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo

c) Peso específico y absorción (ASTM C-128)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS
ASTM C 127

PROYECTO : COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO EN EL CONCRETO, TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : DE LA CRUZ MARIÑOS ABEL ANTONIO - MORI PINEDO GIANCARLO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : ABRIL DEL 2019

MUESTRA : C-X / A° G° / CANTERA ALONSO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE A° G°	Ensayo 01	Ensayo 02
A= Peso en el aire de la muestra seca (g)	2521.20	2533.20
B= Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g)	2552.70	2563.60
C= Peso sumergido en agua de la muestra saturada (g)	1591.70	1600.40
Peso específico de masa (Pem)	2.62	2.63
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	2.66	2.66
Peso específico aparente (Pea)	2.71	2.72
Absorción (%)	1.25	1.20
PESO ESPECÍFICO DE MASA PROMEDIO (Pem)	2.63	
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA PROMEDIO (PeSSS)	2.66	
PESO ESPECÍFICO APARENTE PROMEDIO (Pea)	2.71	
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	1.22	

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CNP: 2111074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo

d) Peso unitario suelto (ASTM C-29, N.T.P.400.017)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS
ASTM C-29

PROYECTO : COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO EN EL CONCRETO, TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : DE LA CRUZ MARIÑOS ABEL ANTONIO - MORI PINEDO GIANCARLO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : ABRIL DEL 2019

MUESTRA : C-X / A'G' / CANTERA ALONSO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO

Método suelto

Muestra N°	1	2
Peso del recipiente (gr)	8583.00	8583.00
Volúmen del frasco (cm ³)	10314.00	10314.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	22667.00	22940.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	14084.00	14357.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.366	1.392
Contenido de Humedad (%)	0.94%	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1.365	1.392
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm ³)	1.379	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m ³)	1378.63	
% de Vacíos	47.52%	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo

e) Peso unitario compactado por apisonado (ASTM C-29, N.T.P.400.017)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS
ASTM C-29

PROYECTO : COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO EN EL CONCRETO, TRUJILLO - LA LIBERTAD

SOLICITANTE : DE LA CRUZ MARIÑOS ABEL ANTONIO - MORI PINEDO GIANCARLO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : ABRIL DEL 2019

MUESTRA : C-X / A'G' / CANTERA ALONSO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO

Método compactado por apisonado

Muestra N°	1	2
Peso del recipiente (gr)	8583.00	8583.00
Volúmen del frasco (cm ³)	10314.00	10314.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	24015.00	24047.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	15432.00	15464.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.496	1.499
Contenido de Humedad (%)	0.94%	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1.496	1.499
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm ³)	1.498	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m ³)	1497.63	
% de Vacíos	42.99%	

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo

ANEXO 4

Diseño de mezcla

a) Resumen de cálculos

PROYECTO: Comportamiento Sísmico de un Sistema Aporticado Utilizando Poliuretano Expandido en el Concreto - Trujillo – La Libertad					
UBICACIÓN: Trujillo – La Libertad.					
ELABORADO: De la Cruz Mariños, Abel Antonio – Mori Pinedo Giancarlo André				FECHA : 23/05/19	
METODO DE DISEÑO: ACI COMITÉ 211			TIPO DE CONSTRUCCION: Vivienda Multifamiliar		
RESISTENCIA A LA COMPRESION ESPECIFICADA A LOS 28 DIAS $f_c = 240 \text{ Kg/cm}^2$.				ASENTAMIENTO (SLUMP): 3"	
CEMENTO PORTLAND TIPO: I ASTM C-150			PC	PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO: 3.15	
CARTACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS			AGREGADOS		
			F	FINO	G
1	PESO ESPECIFICO		2.580		2.630
	PESO UNITARIO SUELTO SECO	Kg/m3.	1560.0		1378.0
2	PESO UNITARIO SECO COMPACTADO - ASTM C-129	Kg/m3.			1497.0
3	PORCENTAJE DE ABSORCION - ASTM C-29	%	2.20		1.22
4	CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D-2216	%	1.72		0.94
5	MODULO DE FINEZA - ASTM C-125		2.58		
6	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	Pulg.			3/4
CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA			FORMULAS	VALORES	
A	ASENTAMIENTO-REVENIMIENTO (SLUMP)	Pulg.	A	DATO	4
B	VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA	Lt/m3.	B	VER TABLA 1y2	205.0
C	PORCENTAJE DE AIRE ATRAPADO	%	C	VER TABLA 3	2.0
D	RELACION AGUA - CEMENTO		D	VER TABLA 4	0.515
E	VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO COMPACTADO POR M3	m3.	E	VER TABLA 5	0.64
H	PESO DEL CEMENTO	Kg/m3	H	B/D	398.1
I	PESO SECO DEL AGREGADO GRUESO	Kg/m3	I	$2G * E$	958.1
J	VOLUMEN ABSOLUTO DEL CEMENTO	m3.	J	$H / (PC * 1000)$	0.126
K	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGUA	m3.	K	$B / 1000$	0.205
L	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AIRE	m3.	L	$C / 100$	0.020
M	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO	m3.	M	$I / (IG * 1000)$	0.364
N	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO	m3.	N	$1 - (J + K + L + M)$	0.284
O	PESO SECO DEL AGREGADO FINO	Kg.	O	$N * (1F * 1000)$	733.6
P	PESO DEL AGREGADO FINO HUMEDO	Kg.	P	$O * (1 + (4F / 100))$	746.2
Q	PESO DEL AGREGADO GRUESO HUMEDO	Kg.	Q	$I * (1 + (4G / 100))$	967.1
R	HUMEDAD SUPERFICIAL DEL AGREGADO FINO	%	R	$4F - 3F$	-0.48
S	HUMEDAD SUPERFICIAL DEL AGREGADO GRUESO	%	S	$4G - 3G$	-0.28
T	APORTE DE AGUA DEL AGREGADO FINO	Lt.	T	$0 * (R / 100)$	-3.52
U	APORTE DE AGUA DEL AGREGADO GRUESO	Lt.	U	$I * (S / 100)$	-2.68
V	APORTE DE AGUA DE LOS AGREGADOS	Lt.	V	$T + U$	-6.20
W	AGUA EFECTIVA	Lt.	W	$B - V$	211.20

Fuente: Grupo de investigación

b) Dosificaciones de diseño

VALORES DE DISEÑO POR METRO CUBICO DE MEZCLA (SECO)							
CEMENTO:	398 Kg.	AGUA:	205 Lt.	AGREG. FINO:	734 Kg.	AGREG. GRUESO:	958 Kg.
VALOR DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDADDE AGREGADOS							
CEMENTO:	398 Kg.	AGUA:	211 Lt.	AGREG. FINO:	746 Kg.	AGREG. GRUESO:	967 Kg.
PROPORCIONES DE MEZCLA DE DISEÑO							
COMPONENTES DEL CONCRETO	PROPORCION EN PESO			PROPORCION EN VOLUMEN			
	SECO	CORREGIDA POR HUMED		SECO	CORREGIDA POR HUMED.		
CEMENTO	1	1	1	1	1	1	
AGREGADO FINO	1.84	1.87	1.77	1.77	1.77	1.77	
AGREGADO GRUESO	2.41	2.43	2.62	2.62	2.62	2.62	
AGUA (En litros/bol.)	21.89	22.55	21.89	21.89	22.55	22.55	

Fuente: Grupo de investigación

c) Proporciones de cantidad de materiales para una probeta

Grupo	Cemento (Kg)	A. Fino (Kg)	A. Grueso (Kg)	Agua (Kg)	Poliestireno Expandido (g)
GC	2.79	5.22	6.77	1.48	0.00
GE1	2.79	5.22	6.77	1.48	2.10
GE2	2.79	5.22	6.77	1.48	4.20
GE3	2.79	5.22	6.77	1.48	6.30

Fuente: Grupo de Investigación

d) Proporción de materiales para 3 probetas (1 tandada)

Grupo	Cemento (Kg)	A. Fino (Kg)	A. Grueso (Kg)	Agua (Kg)	Poliestireno Expandido (g)
GC	8.37	15.66	20.31	4.44	0.00
GE1	8.37	15.66	20.31	4.44	6.30
GE2	8.37	15.66	20.31	4.44	12.60
GE3	8.37	15.66	20.31	4.44	18.90

Fuente: Grupo de Investigación

e) Cantidad total de materiales utilizados

Grupo	Cemento (Kg)	A. Fino (Kg)	A. Grueso (Kg)	Agua (Kg)	Poliestireno Expandido (g)
GC	25.11	46.98	60.93	13.32	0.00
GE1	25.11	46.98	60.93	13.32	18.90
GE2	25.11	46.98	60.93	13.32	37.80
GE3	25.11	46.98	60.93	13.32	56.70

Fuente: Grupo de investigación

ANEXO 5

Ensayos de peso unitario del concreto en estado fresco

a) Peso Unitario Compactado.

Descripción	GC	GE1	GE2	GE3
Peso de tara (g)	4888	4888	4888	4888
Tara + concreto (g)	12083	11963	11840	11773
Volumen tara (cm ³)	3026	3026	3026	3026
Peso de concreto (g)	7195	7075	6952	6885
Peso unitario compactado (kg/m ³)	2378	2338	2297	2275

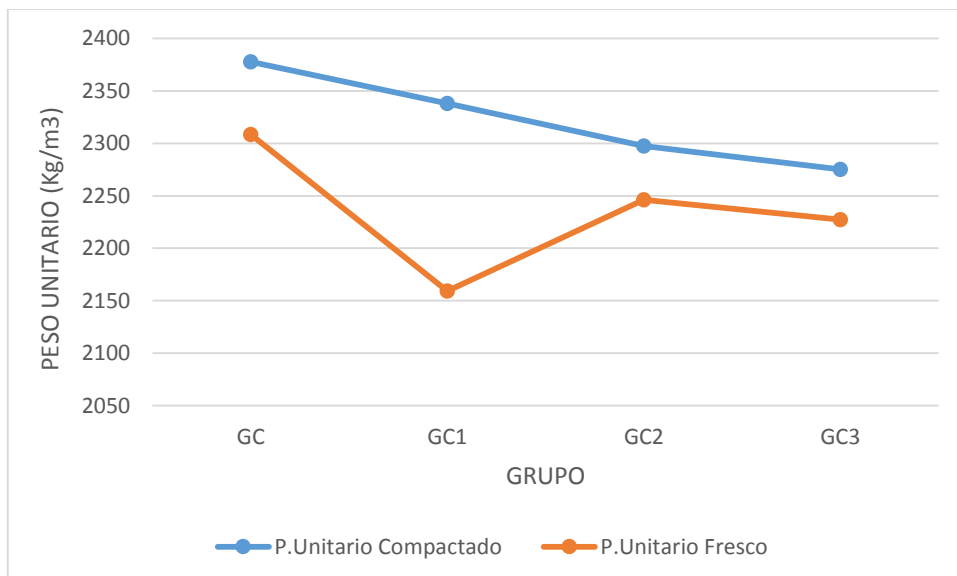
Fuente: Grupo de investigación

b) Peso Unitario Suelto.

Descripción	GC	GE1	GE2	GE3
Peso de tara (g)	4888	4888	4888	4888
Tara + concreto (g)	11873	11422	11685	11628
Volumen tara (cm ³)	3026	3026	3026	3026
Peso de concreto (g)	6985	6534	6797	6740
Peso unitario compactado (kg/m ³)	2308	2159	2246	2227

Fuente: Grupo de investigación

c) Comportamiento del peso unitario suelto y compactado



Fuente: Grupo de investigación

ANEXO 6

Ensayos de peso específico para probetas con poliestireno expandido y concreto patrón a los 7, 14 y 28 días de edad.

a) Peso Específico a los 7 días.

Grupo	Código	Diámetro Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Peso (g)	Peso Específico (kg/m ³)	Peso Específico Promedio (kg/m ³)
GC	GC-7D-1	15.20	30.43	13000	2354	2356
	GC-7D-2	15.30	30.53	12970	2310	
	GC-7D-3	15.15	30.32	13130	2403	
GE1	GE1-7D-1	15.23	30.42	12885	2324	2304
	GE1-7D-2	15.37	30.37	12750	2264	
	GE1-7D-3	15.23	30.27	12822	2324	
GE2	GE2-7D-1	15.27	30.45	12486	2240	2247
	GE2-7D-2	15.18	30.42	12400	2252	
	GE2-7D-3	15.18	30.37	12375	2251	
GE3	GE3-7D-1	15.13	30.43	12470	2278	2248
	GE3-7D-2	15.28	30.53	12465	2225	
	GE3-7D-3	15.23	30.57	12475	2239	

Fuente: Grupo de investigación

b) Peso específico a los 14 días

Grupo	Código	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Peso (g)	Peso Específico (kg/m ³)	Peso Específico promedio (kg/m ³)
GC	GC-14D-1	15.37	30.30	12812	2280	2294
	GC-14D-2	15.35	30.60	13057	2306	
	GC-14D-3	15.33	30.67	12997	2295	
GE1	GE1-14D-1	15.30	30.50	12720	2269	2285
	GE1-14D-2	15.18	30.53	12719	2303	
	GE1-14D-3	15.27	30.47	12739	2284	
GE2	GE2-14D-1	15.20	30.52	12486	2255	2222
	GE2-14D-2	15.30	30.47	12400	2214	
	GE2-14D-3	15.33	30.50	12375	2197	
GE3	GE3-14D-1	15.30	30.33	12310	2207	2206
	GE3-14D-2	15.33	30.53	12380	2196	
	GE3-14D-3	15.27	30.40	12333	2216	

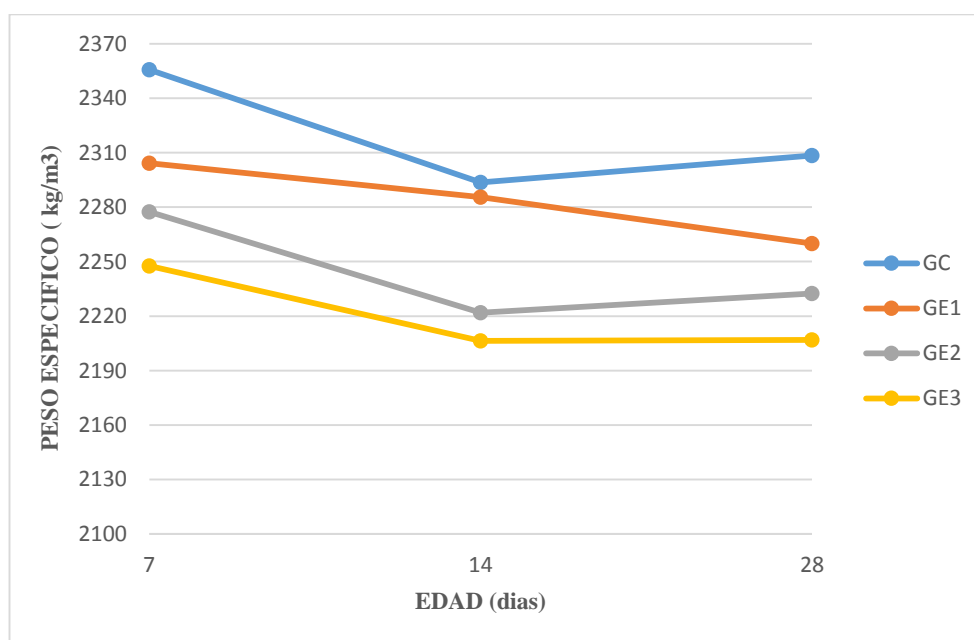
Fuente: Grupo de investigación

c) Peso específico a los 28 días.

Grupo	Código	Diámetro Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Peso (g)	Peso Específico (kg/m ³)	Peso Específico Promedio (kg/m ³)
GC	GC-28D-1	15.33	30.53	13190	2339	2308
	GC-28D-2	15.35	30.50	13054	2313	
	GC-28D-3	15.35	30.70	12915	2273	
GE1	GE1-28D-1	15.21	30.58	12739	2292	2260
	GE1-28D-2	15.27	30.57	12534	2240	
	GE1-28D-3	15.27	30.53	12560	2247	
GE2	GE2-28D-1	15.23	30.53	12486	2244	2232
	GE2-28D-2	15.22	30.35	12400	2247	
	GE2-28D-3	15.30	30.50	12375	2207	
GE3	GE3-28D-1	15.25	30.53	12374	2219	2207
	GE3-28D-2	15.33	30.50	12413	2204	
	GE3-28D-3	15.33	30.48	12371	2198	

Fuente: Grupo de investigación

d) Comportamiento del peso específico para el GC, GE1, GE2 y GE3



Fuente: Grupo de investigación

ANEXO 7

Resultados de Resistencia a la Compresión.

a) Grupo patrón o de control (GC)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA

ASTM C39

OBRA : COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO EN EL CONCRETO, TRUJILLO - LA LIBERTAD
SOLICITANTE : DE LA CRUZ MARIÑOS ABEL ANTONIO - MORI PINEDO GIANCARLO
UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
TESTIGOS : 36 TESTIGOS ALCANZADOS POR LOS SOLICITANTES
RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
FECHA : MAYO DEL 2019

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm ²	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm ²	Resistencia Obtenida	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
1	CONCRETO PATRÓN	240	9/5/2019	16/5/2019	7	69703.5	31617	176.72	178.92	74.55
2	CONCRETO PATRÓN	240	9/5/2019	16/5/2019	7	66566.3	30194	176.72	170.86	71.19
3	CONCRETO PATRÓN	240	9/5/2019	16/5/2019	7	69745.4	31636	176.72	179.02	74.59
4	CONCRETO PATRÓN	240	10/5/2019	24/5/2019	14	85475.3	38771	176.72	219.4	91.42
5	CONCRETO PATRÓN	240	10/5/2019	24/5/2019	14	78949.7	35811	176.72	202.65	84.44
6	CONCRETO PATRÓN	240	10/5/2019	24/5/2019	14	78949.7	37918	176.72	214.57	89.4
7	CONCRETO PATRÓN	240	9/5/2019	6/6/2019	28	97104.7	44046	176.72	249.25	103.85
8	CONCRETO PATRÓN	240	9/5/2019	6/6/2019	28	90369.6	40991	174.37	235.09	97.95
9	CONCRETO PATRÓN	240	9/5/2019	6/6/2019	28	90369.6	42013	174.37	240.95	100.39
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS					EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE					

VALORES		
EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115



Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad César Vallejo

b) Grupo experimental uno (GE1 o concreto con 3% de Poliestireno expandido)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA
ASTM C39

OBRA : COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO EN EL CONCRETO, TRUJILLO - LA LIBERTAD
 SOLICITANTE : DE LA CRUZ MARIÑOS ABEL ANTONIO - MORI PINEDO GIANCARLO
 UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 TESTIGOS : 36 TESTIGOS ALCANZADOS POR LOS SOLICITANTES
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
 FECHA : MAYO DEL 2019

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm ²	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm ²	Resistencia Obtenida	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
1	3% POLIESTIRENO	240	8/5/2019	15/5/2019	7	88396.4	40096	176.72	226.9	94.54
2	3% POLIESTIRENO	240	8/5/2019	15/5/2019	7	83497.8	37874	176.72	214.32	89.3
3	3% POLIESTIRENO	240	8/5/2019	15/5/2019	7	78676.3	35687	176.72	201.95	84.14
4	3% POLIESTIRENO	240	9/5/2019	23/5/2019	14	79544.9	36081	176.72	204.18	85.07
5	3% POLIESTIRENO	240	9/5/2019	23/5/2019	14	90221.9	40924	176.72	231.58	96.49
6	3% POLIESTIRENO	240	9/5/2019	23/5/2019	14	90221.9	37422	176.72	211.76	88.24
7	3% POLIESTIRENO	240	9/5/2019	6/6/2019	28	78019.3	35389	176.72	200.26	83.44
8	3% POLIESTIRENO	240	9/5/2019	6/6/2019	28	75722.1	34347	176.72	194.36	80.98
9	3% POLIESTIRENO	240	9/5/2019	6/6/2019	28	75722.1	33565	176.72	189.94	79.14
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

VALORES		
EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cardenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad César Vallejo

c) Grupo experimental dos (GE2 o concreto con 6% de Poliestireno expandido)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA

ASTM C39

OBRA : COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO EN EL CONCRETO, TRUJILLO - LA LIBERTAD
 SOLICITANTE : DE LA CRUZ MARIÑOS ABEL ANTONIO - MORI PINEDO GIANCARLO
 UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 TESTIGOS : 36 TESTIGOS ALCANZADOS POR LOS SOLICITANTES
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
 FECHA : MAYO DEL 2019

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm ²	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm ²	Resistencia Obtenida	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
1	6% POLIESTIRENO	240	8/5/2019	15/5/2019	7	62882.4	28523	176.72	161.41	67.25
2	6% POLIESTIRENO	240	8/5/2019	15/5/2019	7	58700.2	26626	176.72	150.67	62.78
3	6% POLIESTIRENO	240	8/5/2019	15/5/2019	7	64390.3	29207	176.72	165.28	68.87
4	6% POLIESTIRENO	240	9/5/2019	23/5/2019	14	47999	21772	176.72	123.2	51.34
5	6% POLIESTIRENO	240	9/5/2019	23/5/2019	14	48874.2	22169	176.72	125.45	52.27
6	6% POLIESTIRENO	240	9/5/2019	23/5/2019	14	48874.2	22305	176.72	126.22	52.59
7	6% POLIESTIRENO	240	9/5/2019	6/6/2019	28	71165.1	32280	181.46	177.89	74.12
8	6% POLIESTIRENO	240	9/5/2019	6/6/2019	28	65849.8	29869	176.72	169.02	70.43
9	6% POLIESTIRENO	240	9/5/2019	6/6/2019	28	65849.8	30093	176.72	170.29	70.95
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS					EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE					

VALORES		
EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad César Vallejo

d) Grupo experimental tres (GE3 o concreto con 9% de Poliestireno expandido)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA

ASTM C39

OBRA : COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO EN EL CONCRETO, TRUJILLO - LA LIBERTAD
 SOLICITANTE : DE LA CRUZ MARIÑOS ABEL ANTONIO - MORI PINEDO GIANCARLO
 UBICACIÓN : HUANCHACO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 TESTIGOS : 36 TESTIGOS ALCANZADOS POR LOS SOLICITANTES
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
 FECHA : MAYO DEL 2019

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm ²	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm ²	Resistencia Obtenida	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
1	9% POLIESTIRENO	240	9/5/2019	16/5/2019	7	72801	33022	176.72	186.87	77.86
2	9% POLIESTIRENO	240	9/5/2019	16/5/2019	7	70962.3	32188	176.72	182.15	75.89
3	9% POLIESTIRENO	240	9/5/2019	16/5/2019	7	69002.4	31299	176.72	177.12	73.8
4	9% POLIESTIRENO	240	10/5/2019	24/5/2019	14	62071.1	28155	176.72	159.32	66.39
5	9% POLIESTIRENO	240	10/5/2019	24/5/2019	14	68702.6	31163	176.72	176.35	73.48
6	9% POLIESTIRENO	240	10/5/2019	24/5/2019	14	68702.6	29050	176.72	164.39	68.5
7	9% POLIESTIRENO	240	9/5/2019	6/6/2019	28	79081.9	35871	176.72	202.99	84.58
8	9% POLIESTIRENO	240	9/5/2019	6/6/2019	28	77644.5	35219	176.72	199.3	83.04
9	9% POLIESTIRENO	240	9/5/2019	6/6/2019	28	77644.5	35874	176.72	203	84.59
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

EDAD EN DÍAS	VALORES	
	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

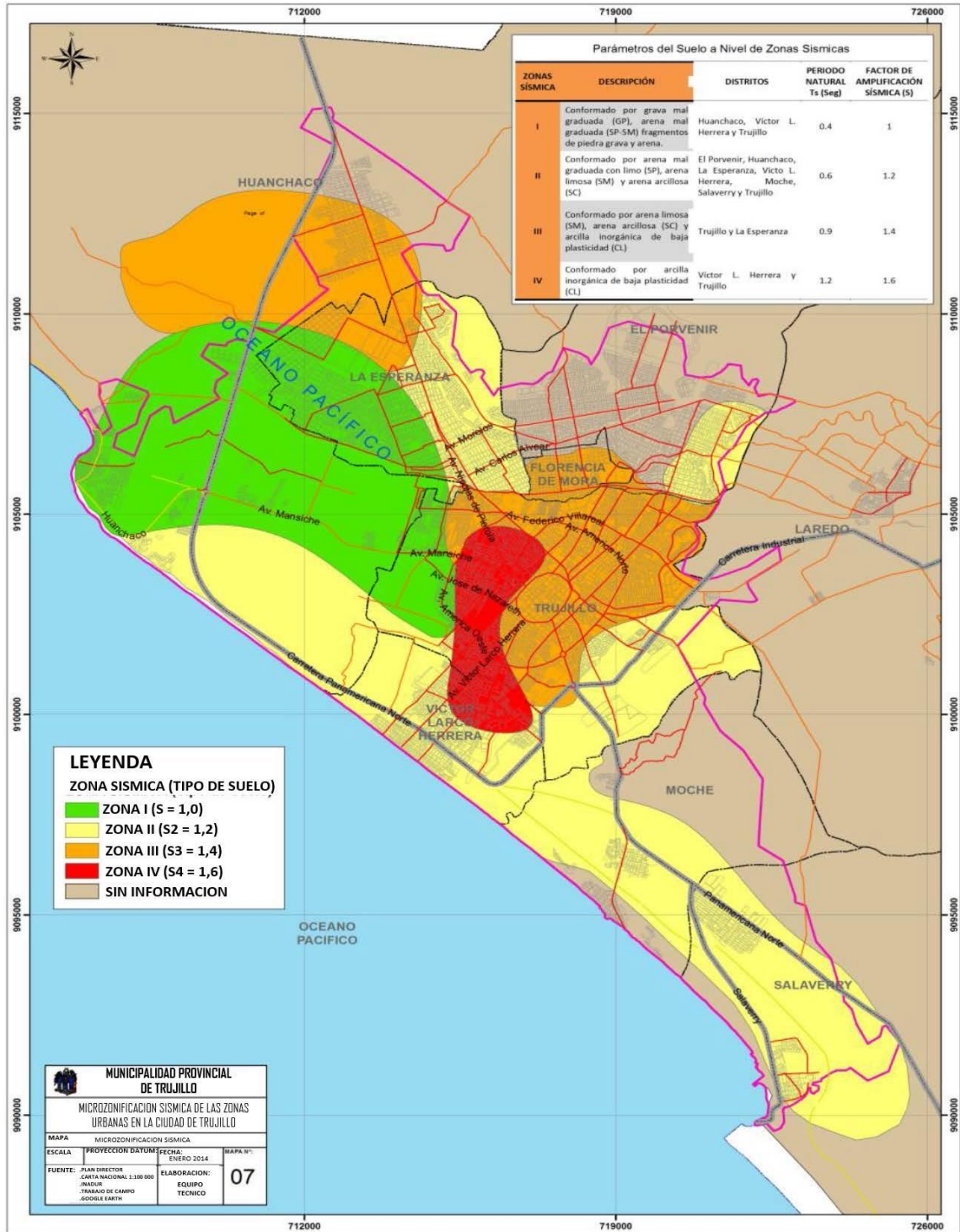


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad César Vallejo

ANEXO 8

Mapa Sísmico de la Provincia de Trujillo, en función al Tipo de Suelo



Fuente: Municipalidad Provincial de Trujillo

ANEXO 9

Irregularidades en altura

Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad I_a
<p>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales podrán calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p> <p>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	0,75
<p>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales podrán calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p> <p>Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	0,50
<p>Irregularidad de Masa o Peso Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0,90
<p>Irregularidad Geométrica Vertical La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0,90
<p>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento.</p>	0,80
<p>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10) Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25 % de la fuerza cortante total.</p>	0,60

Fuente: Norma Técnica E.030.

ANEXO 10

Irregularidades en planta

Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad I_p
<p>Irregularidad Torsional Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ($\Delta_{m\acute{a}x}$), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	0,75
<p>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ($\Delta_{m\acute{a}x}$), es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	0,60
<p>Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.</p>	0,90
<p>Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25 % del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p>	0,85
<p>Sistemas no Paralelos Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.</p>	0,90

Fuente: Norma Técnica E.030.

ANEXO 11

Factores de zona

Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: Norma Técnica E.030

ANEXO 12

Factor de suelo en función a zona sísmica

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO ZONA	S₀	S₁	S₂	S₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Norma Técnica E.030

ANEXO 13

Periodo de suelo

Tabla N° 4 PERÍODOS "T_P" Y "T_L"				
	Perfil de suelo			
	S₀	S₁	S₂	S₃
T_P(s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L(s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Norma Técnica E.030

ANEXO 14

Categoría de la edificaciones y factor (U)

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR <i>U</i>
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	<p>A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. <p>Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.</p>	1,5
B Edificaciones Importantes	<p>Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.</p> <p>También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.</p>	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Fuente: Norma Técnica E.030.

ANEXO 15

Sistema estructural en función al uso de la edificación

Tabla N° 6 (*)		
CATEGORÍA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
A2 (**)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

Fuente: Norma Técnica E.030

ANEXO 16

Coeficiente de básico de reducción sísmica

Tabla N° 7	
SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_g (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

Fuente: Norma Técnica E.030

ANEXO 17

Límites de derivas, de entrepiso permisibles

Tabla N° 11	
LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Fuente: Norma Técnica E.030.

ANEXO 18

Verificación de irregularidad torsional de la edificación

COEFICIENTE I_p		0.75											
IRREGULARIDAD TORSIONAL												0.75	
PISOS	DESP. CM ABSOLUTO		DESP. CM RELATIVO		DESP. MAX ABSOLUTO		DESP. MAX RELATIVO		COMPARACION 1		IRREGULARIDAD		
	XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY	
PISO 1	0.00102	0.00144	0.00102	0.00144	0.00148	0.00151	0.00148	0.00151	1.4537	1.0458	TORSIONAL	OK	
PISO 2	0.00243	0.00320	0.00142	0.00176	0.00350	0.00335	0.00202	0.00184	1.4251	1.0484	TORSIONAL	OK	
PISO 3	0.00355	0.00452	0.00112	0.00132	0.00508	0.00473	0.00158	0.00139	1.4167	1.0500	TORSIONAL	OK	
PISO 4	0.00418	0.00521	0.00064	0.00069	0.00596	0.00546	0.00088	0.00073	1.3836	1.0549	TORSIONAL	OK	
											0.75	1	
IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA												0.6	
PISOS	DESP. ABSOLUTO PROM.		DESP. RELATIVO PROM.		DESP. MAX ABSOLUTO		DESP. MAX RELATIVO		COMPARACION 1		IRREGULARIDAD		
	XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY	XX	YY	
PISO 1	0.00102	0.00144	0.00102	0.00144	0.00148	0.00151	0.00148	0.00151	1.4537	1.0458	OK	OK	
PISO 2	0.00243	0.00320	0.00142	0.00176	0.00350	0.00335	0.00202	0.00184	1.4251	1.0484	OK	OK	
PISO 3	0.00355	0.00452	0.00112	0.00132	0.00508	0.00473	0.00158	0.00139	1.4167	1.0500	OK	OK	
PISO 4	0.00418	0.00521	0.00064	0.00069	0.00596	0.00546	0.00088	0.00073	1.3836	1.0549	OK	OK	
											1	1	

Fuente: Grupo de investigación

ANEXO 19

Carga viva repartida en función al uso de la edificación

OCUPACIÓN O USO	CARGAS REPARTIDAS kPa (Kgf/m ²)
Almacenaje	5,0 (500) Ver 6.4
Baños	Igual a la carga principal del resto del área, sin que sea necesario que exceda de 3,0 (300)
Bibliotecas	Ver 6.4
Salas de lectura	3,0 (300)
Salas de Almacenaje con estantes fijos (no apilables)	7,5 (750)
Corredores y escaleras	4,0 (400)
Centros de Educación	
Aulas	2,5 (250)
Talleres	3,5 (350) Ver 6,4
Auditorios, Gimnasios, etc.	De acuerdo a lugares de asambleas
Laboratorios	3,0 (300) Ver 6.4
Corredores y escaleras	4,0 (400)
Garajes	
Para parqueo exclusivo de vehículos de pasajeros, con altura de entrada menor que 2,40 m	
Para otros vehículos	Ver 9.3
Hospitales	
Salas de operación, laboratorios, y áreas de servicio	3,0 (300)
Cuartos	2,0 (200)
Corredores y escaleras	4,0 (400)
Hoteles	
Cuartos	2,0 (200)
Salas Públicas	De acuerdo a lugares de asambleas
Almacenaje y servicios	5,0 (500)
Corredores y escaleras	4,0 (400)
Industria	Ver 6.4
Instituciones Penales	
Celdas y zona de habitación	2,0 (200)
Zonas públicas	De acuerdo a lugares de asamblea
Corredores y escaleras	4,0 (400)

Lugares de Asamblea	
Con asientos fijos	3,0 (300)
Con asientos móviles	4,0 (400)
Salones de baile, restaurantes, museos, gimnasios y vestíbulos de teatros y cines.	4,0 (400)
Graderías y tribunas	5,0 (500)
Corredores y escaleras	5,0 (500)
Oficinas (*)	
Exceptuando salas de archivo y computación	2,5 (250)
Salas de archivo	5,0 (500)
Salas de computación	2,5 (250) Ver 6.4
Corredores y escaleras	4,0 (400)
Teatros	
Vestidores	2,0 (200)
Cuarto de Proyección	3,0 (300) Ver 6.4
Escenario	750
Zonas Públicas	De acuerdo a lugares de asamblea
Tiendas	5,0 (500)
Corredores y escaleras	5,0 (500)
Viviendas	2,0 (200)
Corredores y escaleras	2,0 (200)

(*) Estas cargas no incluyen la posible tabiquería móvil

Fuente: Norma Técnica E.020

ANEXO 20

Pesos unitarios de losa aligerada en una dirección

Con vigueta 0,10 m de ancho y 0,40 m entre ejes		
Espesor del aligerado (m)	Espesor de losa superior en metros	Peso propio kPa (kgf/m ²)
0,17	0,05	2,8 (280)
0,20	0,05	3,0 (300)
0,25	0,05	3,5 (350)
0,30	0,05	4,2 (420)

Fuente: Norma Técnica E.020

ANEXO 21

Pesos unitarios de materiales

MATERIALES	PESO kN/m ³ (Kg/m ³)
Aislamientos de:	
Corcho	2,0 (200)
Fibra de Vidrio	3,0 (300)
Fibro cemento	6,0 (600)
Poliuretano y poliestireno	2,0 (200)
Albañilería de:	
Adobe	16,0 (1600)
Unidades de albañilería cocida sólidas	18,0 (1800)
Unidades de albañilería cocida huecas	13,5 (1350)
Concreto Simple de:	
Cascote de ladrillo	18,0 (1800)
Grava	23,0 (2300)
Pómez	16,0 (1600)
Concreto Armado	Añadir 1,0 (100) al peso del concreto simple.
Enlucido o Revoque de:	
Mortero de cemento	20,0 (2000)
Mortero de cal y cemento	18,5 (1850)
Mortero de cal	17,0 (1700)
Yeso	10,0 (1000)
Líquidos:	
Aceites	9,3 (930)
Ácido Muriático	12,0 (1200)
Acido Nítrico	15,0 (1500)
Acido sulfúrico	18,0 (1800)
Agua dulce	10,0 (1000)
Agua de mar	10,3 (1030)
Alcohol	8,0 (800)
Gasolina	6,7 (670)
Kerosene	8,7 (870)

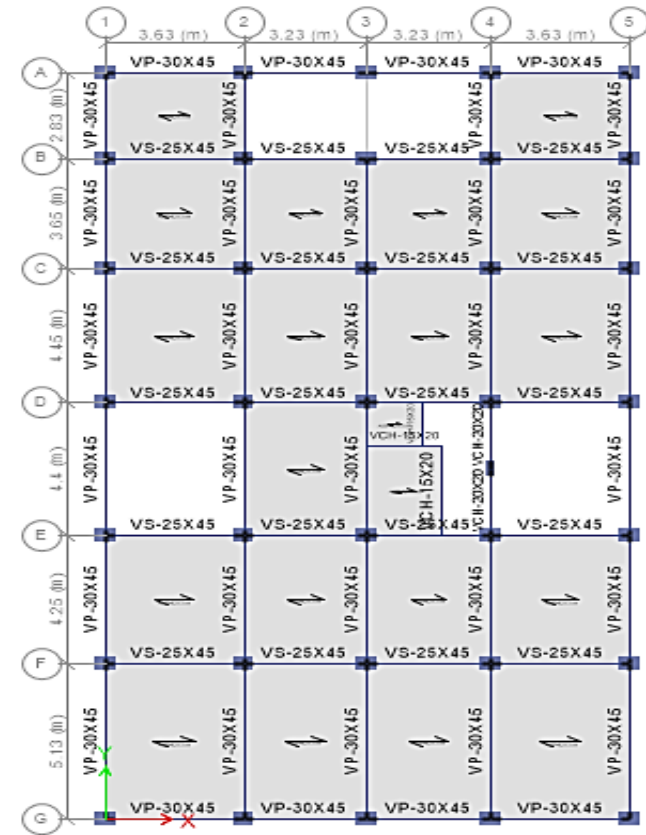
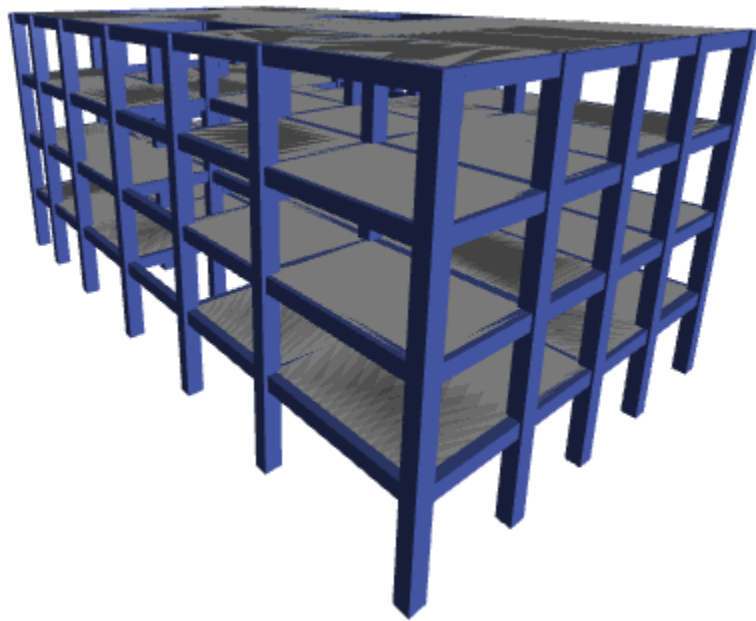
Petróleo	8,7 (870)
Soda Caústica	17,0 (1700)
Maderas:	
Coníferas	7,5 (750)
Grupo A*	11,0 (1100)
Grupo B*	10,0 (1000)
Grupo C*	9,0 (900)
* NTE E.101 Agrupamiento de Madera para uso estructural	
Mampostería de:	
Bloques de Vidrio	10,0 (1000)
Caliza	24,0 (2400)
Granito	26,0 (2600)
Mármol	27,0 (2700)
Pómez	12,0 (1200)
Materiales almacenados:	
Azúcar	7,5 (750)
Basuras Domésticas	6,6 (660)
Briquetas de carbón de piedra	17,5 (1750)
Carbón de piedra	15,5 (1550)
Cebada	6,5 (650)
Cemento	14,5 (1450)
Coke	12,0 (1200)
Frutas	6,5 (650)
Harinas	7,0 (700)
Hielo	9,2 (920)
Leña	6,0 (600)
Lignito	12,5 (1250)
Papas	7,0 (700)
Papel	10,0 (1000)
Pastos secos	4,0 (400)
Sal	10,0 (1000)
Trigo, frijoles, paltares, arroz	7,5 (750)
Turba	6,0 (600)
Materiales amontonados:	

Arena húmeda	18,0 (1800)
Caliza molida	16,0 (1600)
Carburo	9,0 (900)
Coke	5,2 (520)
Escorias de altos hornos	15,0 (1500)
Escorias de carbón	10,0 (1000)
Grava y arena secas	16,0 (1600)
Nieva fresca	1,0 (100)
Piedra pómez	7,0 (700)
Tierra seca	16,0 (1600)
Tierra saturada	18,0 (1800)
Metales:	
Acero	78,5 (7850)
Aluminio	27,5 (2750)
Bronce	85,0 (5000)
Cobre	89,0 (8900)
Estaño	74,0 (7400)
Fundición	72,5 (7250)
Hierro dulce	78,0 (7800)
Latón	85,0 (8500)
Mercurio	136,0 (13600)
Níquel	90,0 (9000)
Plomo	114,0 (11400)
Zinc	69,0 (6900)
Otros:	
Acrílicos	12,0 (1200)
Cartón bituminado	6,0 (600)
Concreto asfáltico	24,0 (2400)
Ladrillo pastelero	16,0 (1600)
Locetas	24,0 (2400)
Teja artesanal	16,0 (1600)
Teja industrial	18,0 (1800)
Vidrios	25,0 (2500)

Fuente: Norma Técnica E.020

ANEXO 22

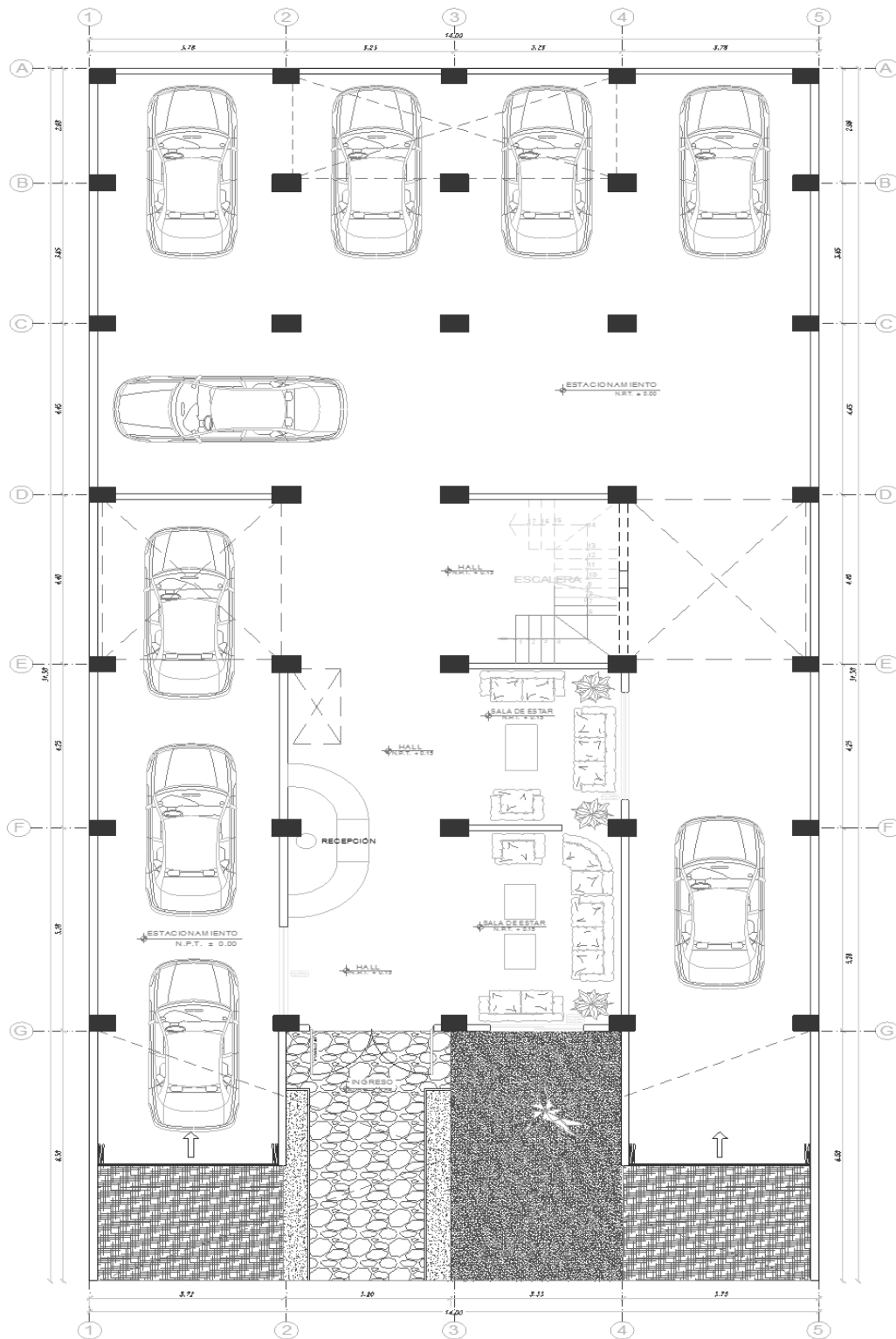
Vista 3D y en planta del modelamiento de la estructura en el software Etabs 2016



Fuente: Grupo de investigación

ANEXO 23

Vista en planta del primer nivel.

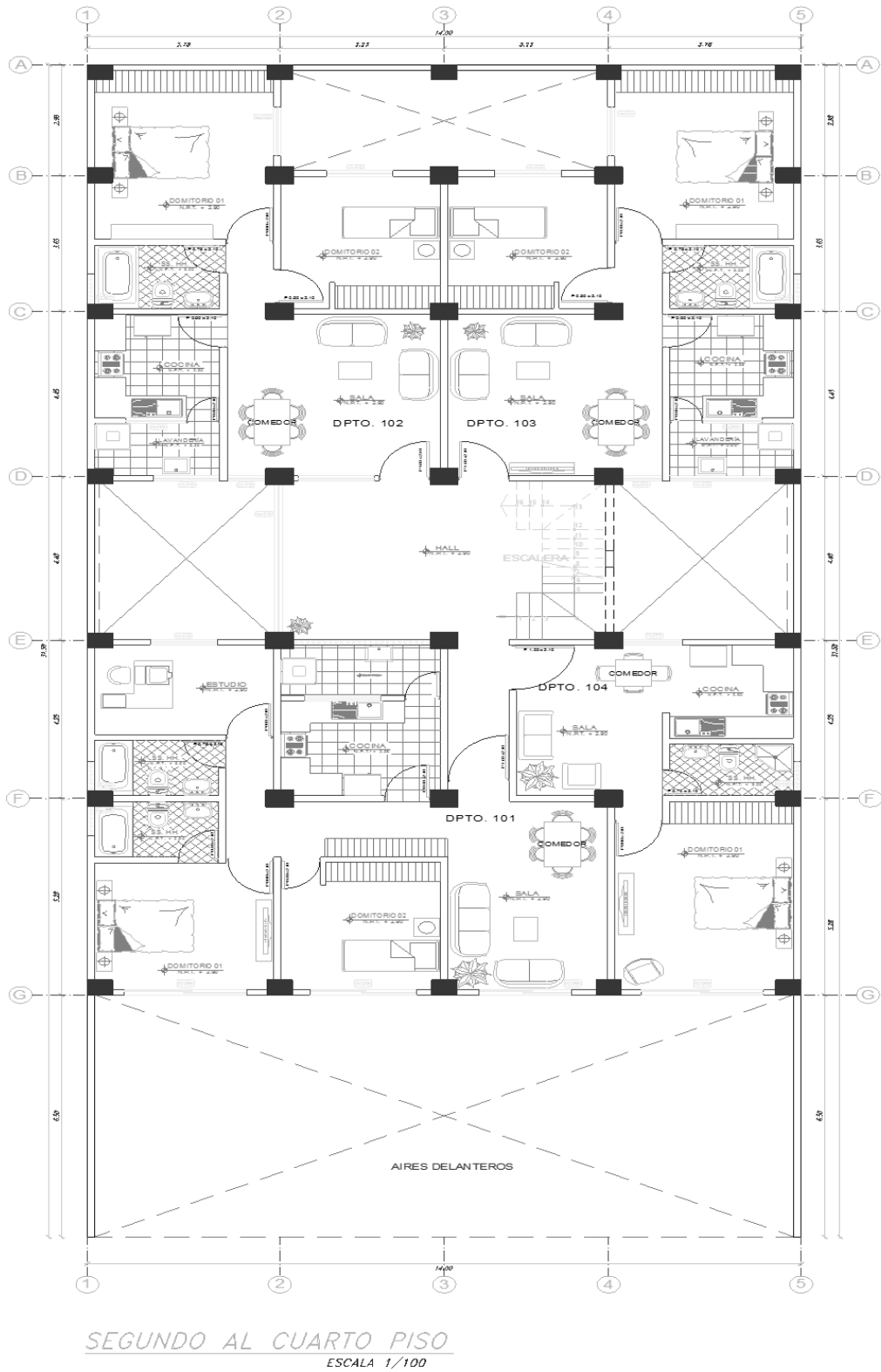


PRIMER PISO
ESCALA 1/100

Fuente: Grupo de investigación

ANEXO 24

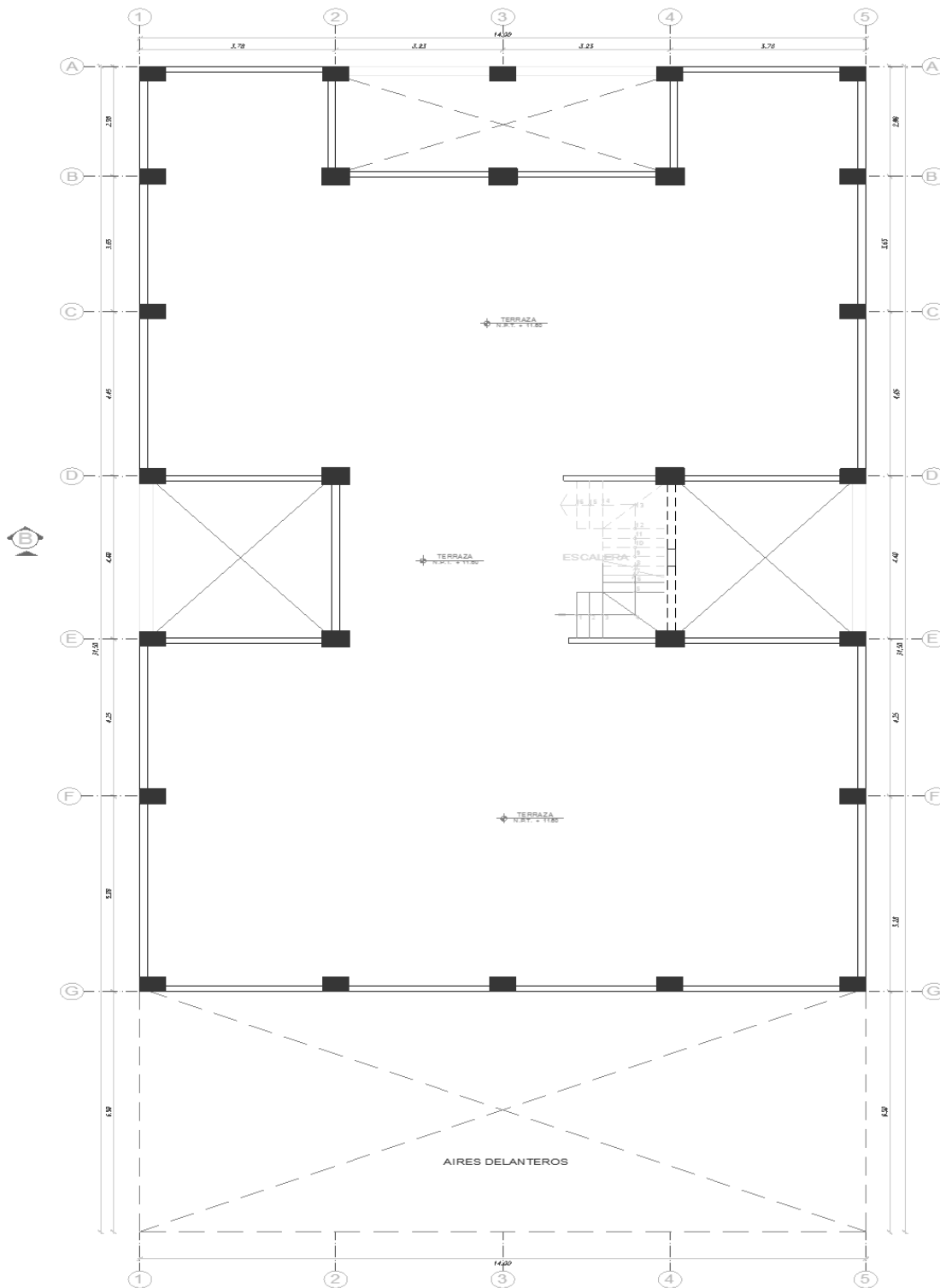
Vista en planta del segundo, tercer y cuarto nivel.



Fuente: Grupo de investigación

ANEXO 25

Vista en planta de la azotea



AZOTEA
ESCALA 1/100

Fuente: Grupo de investigación

ANEXO 26

Instrumento para la evaluación del comportamiento sísmico de un sistema aporticado utilizando poliestireno expandido en el concreto / concreto convencional.

GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL COMPARTAMIENTO SISMICO DE UN SISTEMA APORTICADO

I. Datos:

1.1. Etapa

1.2. Grupo de estudio:

II. Propósito:

Medir el comportamiento sísmico de un sistema aporticado

Variable	Dimensiones	Indicadores	Sistema aporticado con concreto convencional	Sistema aporticado con poliestireno expandido en el concreto
Comportamiento sísmico de un sistema aporticado	Metrado de cargas	– Peso de la estructura en Tn.		
	Análisis sísmico estático	– Fuerza cortante en la base.		
		– Fuerzas sísmicas.		
		– Desplazamientos absolutos de centro de masas		
		– Desplazamientos laterales relativos admisibles (derivadas).		
	Análisis sísmico dinámico	– Modos de vibración		
		– Fuerza cortante en la base diseño.		
		– Fuerzas sísmicas		
		– Desplazamientos absolutos de centro de masas		
		– Desplazamientos laterales relativos admisibles (derivadas).		
		– Verificación del periodo fundamental de vibración		

Fuente: Grupo de investigación