



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON
PRESENCIA DE JUNTAS FRÍAS EN EL PLANO HORIZONTAL Y CON DIFERENTES
TIEMPOS DE FORMACIÓN DE JUNTA**

Albin Fernando Montepeque Castro

Asesorado por la Inga. María del Mar Girón Cordón

Guatemala, junio de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON
PRESENCIA DE JUNTAS FRÍAS EN EL PLANO HORIZONTAL Y CON DIFERENTES
TIEMPOS DE FORMACIÓN DE JUNTA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ALBIN FERNANDO MONTEPEQUE CASTRO
ASESORADO POR LA INGA. MARÍA DEL MAR GIRÓN CORDÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JUNIO 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Luis Eduardo Portillo España
EXAMINADOR	Ing. Darío Francisco Lucas Mazariegos
EXAMINADOR	Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento de los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON PRESENCIA DE JUNTAS FRÍAS EN EL PLANO HORIZONTAL Y CON DIFERENTES TIEMPOS DE FORMACIÓN DE JUNTA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 14 de octubre de 2019.

Albin Fernando Montepeque Castro

Guatemala, 08 de marzo de 2022

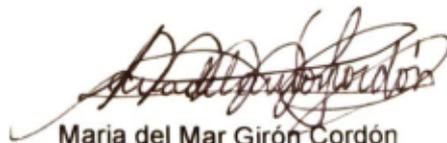
Ingeniero Hugo Leonel Montenegro Franco
Jefe del Área de Materiales y Construcciones Civiles
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Ingeniero :

Después de analizar y revisar el trabajo de graduación titulado "COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON PRESENCIA DE JUNTAS FRÍAS EN EL PLANO HORIZONTAL Y CON DIFERENTES TIEMPOS DE FORMACIÓN DE JUNTA", presentado por el estudiante universitario de la carrera de Ingeniería Civil, **ALBIN FERNANDO MONTEPEQUE CASTRO**, tengo a bien manifestar que dicho trabajo ha sido ejecutado conforme a los requisitos establecidos.

Por lo anterior en mi calidad de Asesor, me permito solicitar se proceda con los trámites respectivos para su aprobación.

Sin otro particular, me suscribo de usted, atentamente,



Maria del Mar Girón Cordón

Ingeniera Civil, Colegiada No. 8445

Asesora



Maria del Mar Girón Cordón
Ingeniera Civil
Colegiada No. 8445

Guatemala, 8 de abril de 2,022

Ingeniero
Armando Fuentes Roca
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Fuentes, Le informo que he revisado el trabajo de graduación **“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON PRESENCIA DE JUNTAS FRÍAS EN EL PLANO HORIZONTAL Y CON DIFERENTES TIEMPOS DE FORMACIÓN DE JUNTA”**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil, **Albin Fernando Montepeque Castro**, quién contó con la asesoría de la Inga. Maria del Mar Girón Cordón.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo, doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Civil Hugo Leonel Montenegro Franco
Jefe de área de materiales y construcciones civiles.



LNG.DIRECTOR.123.EIC.2022

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON PRESENCIA DE JUNTAS FRÍAS EN EL PLANO HORIZONTAL Y CON DIFERENTES TIEMPOS DE FORMACIÓN DE JUNTA**, presentado por: **Albin Fernando Montepeque Castro**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil



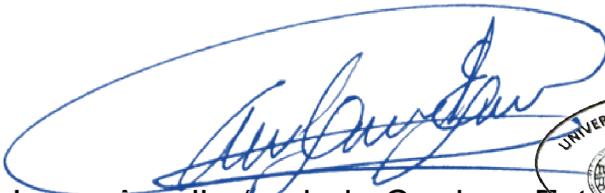
Guatemala, junio de 2022



LNG.DECANATO.OI.440.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON PRESENCIA DE JUNTAS FRÍAS EN EL PLANO HORIZONTAL Y CON DIFERENTES TIEMPOS DE FORMACIÓN DE JUNTA**, presentado por: **Albin Fernando Montepeque Castro**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, junio de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por permitirme y permitirnos la vida, y la voluntad de vivirla.
- Mis padres** Albin Montepeque y Carlota Castro, porque ambos han sido mis guías y mis guardianes durante toda la vida.
- Mis abuelos** Josefa Cruz, Gregorio Montepeque y Angelina García, gracias por todo, esto es para ustedes con mucho cariño.
- Mis tíos** Telma, Fredy, Gregorio, Maritza, Eneyda, y Oswaldo Montepeque, y Gilma, Lestvia, Haroldo (q. e. p. d.), y Rosario Castro (q. e. d. p.), porque siempre han estado presentes y sé que nunca estoy desamparado si los tengo a ellos.
- Mis hermanos** Cinthya (q. e. p. d.), y Ludwing Montepeque, por ser compañeros y cómplices en esta larga marcha.
- Mis primos** Byron, Carlos, Scheila y Krisa Castro, y Mónica, Saúl, Lisbeth y Andrea Montepeque, por siempre estar presentes y persistir en la lucha que compartimos.

Mis amigos del colegio

Hugo del Cid, Diego del Cid, Erick Ixcot, Kenny Sitún, Kevin Duarte, Luis Corado, Abner España, Joshua Paz, Eduardo de León y Diego Monzón, porque siempre están, porque me motivan y me echan una mano cuando la necesito.

Mis amigos de la facultad

Julio Chivalán, Rocío Bautista, José Yantuche, Fernanda Barahona, Rodolfo Aragón, Daniel Pineda, Edith Pineda, Fabiola Jerónimo, Esdras Casasola, Leonel Elías, Mario Arriola, Oscar Villanueva y Miguel Secord, porque con su apoyo y su simpatía hicieron del paso por la universidad algo mucho más llevadero.

Mi novia

Gracias Ildikó Szászdi, llegaste a mi vida en un momento adecuado y siempre encuentro consuelo contigo.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios superiores, por estar al servicio del país y de su gente.
Facultad de Ingeniería	Por permitirme estudiar en sus aulas esta noble carrera.
Liceo Javier Vespertino	Porque mucho de lo que aprendí en sus aulas me acompaña hasta hoy.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. CONCRETO.....	1
1.1. Fundamentos del concreto	1
1.1.1. Cemento	2
1.2. Agregados	4
1.2.1. Clasificación por tamaño	9
1.2.2. Clasificación según su densidad.....	9
1.2.3. Clasificación según su forma y textura superficial ..	10
1.2.4. Clasificación por petrografía	11
1.3. Concreto fresco	11
1.3.1. Trabajabilidad	12
1.3.2. Cohesión y segregación	12
1.3.3. Sangrado y asentamiento.....	13
1.3.4. Consolidación	14
1.3.5. Hidratación, tiempo de fraguado y endurecimiento	14
1.4. Concreto endurecido	15
1.4.1. Curado.....	16
1.4.2. Velocidad de secado del concreto	17

1.4.3.	Resistencia.....	18
1.4.4.	Densidad	20
1.4.5.	Durabilidad	20
1.5.	Ensayos y control de calidad.....	21
1.5.1.	Ensayos de los agregados (ASTM C 33, COGUANOR NTG 41007).....	21
1.5.2.	Ensayos del concreto	24
2.	JUNTAS EN EL CONCRETO	29
2.1.	Juntas de contracción	32
2.2.	Juntas de aislamiento o expansión	36
2.2.1.	Juntas de separación sísmica	41
2.3.	Juntas de construcción.....	42
2.4.	Juntas frías.....	45
2.4.1.	Tratamiento de las juntas frías	47
2.5.	Sellado de las juntas frías	49
3.	MARCO METODOLÓGICO	51
3.1.	Campaña experimental	51
3.2.	Definición de las variables.....	52
3.2.1.	Medición de las variables	53
3.3.	Ensayos realizados y equipo utilizado.....	54
3.4.	Materiales utilizados.....	64
3.4.1.	Agregado fino:	64
3.4.2.	Agregado grueso.....	66
3.4.3.	Diseño de mezcla.....	67
3.4.4.	Programa de elaboración de mezclas y cilindros de concreto.....	69
3.5.	Instrumentos de recolección de datos.....	70

4.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	71
4.1.	Resultados de los ensayos a compresión de los cilindros de concreto.....	71
4.2.	Tablas de comparación	75
4.2.1.	Comparación de resistencias respecto a la edad de los especímenes.....	77
4.4.	Gráficas	86
4.5.	Discusión de resultados.....	95
	CONCLUSIONES	105
	RECOMENDACIONES	109
	REFERENCIAS	111
	APÉNDICES	113
	ANEXOS	123

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Variación de las proporciones usadas en el concreto.	2
2.	Tiempo de inicio y fin de fraguado para una mezcla de concreto en diferentes temperaturas.....	15
3.	Resistencia del concreto con la edad, en condiciones diferentes de curado.	17
4.	Desarrollo de la resistencia a compresión en porcentajes respecto a la resistencia a 28 días.....	18
5.	Variación de resistencias para relaciones de agua-cemento diferentes	19
6.	Junta de contracción con pasador.....	30
7.	Junta de construcción lisa	30
8.	Junta con traslape	30
9.	Junta con lengüeta	31
10.	Junta de contracción parcial, aserrada.....	33
11.	Formación de junta de contracción con sierra eléctrica	35
12.	Junta de expansión	37
13.	Detalle de junta de expansión	38
14.	Espaciamiento de las juntas de expansión.....	40
15.	Junta de expansión en un puente	40
16.	Juntas de expansión y separación sísmica	42
17.	Concentración de esfuerzos en cilindros (de izquierda a derecha) monolítico, con junta fría diagonal y con junta fría horizontal	46
18.	Esquema básico de unión adhesiva.....	47

19.	Aplicación de resina epóxica a una muestra de concreto	49
20.	Agitador mecánico de tamices del centro de investigaciones de ingeniería	55
21.	Horno del centro de investigaciones de ingeniería	56
22.	Tamiz redondo de malla de 75 micrones	57
23.	Ensayo de determinación de materia orgánica en el agregado fino utilizado para el experimento	58
24.	Inmersión del agregado grueso para la determinación de la masa del cuerpo sumergido	59
25.	Material y equipo utilizados para la determinación de masa unitaria del agregado fino	60
26.	Mezcladora de concreto del centro de investigaciones de ingeniería	61
27.	Moldes metálicos de 6" de diámetro x 12" de altura para la elaboración de probetas de concreto	62
28.	Determinación del asentamiento del concreto recién mezclado	63
29.	Medición de la temperatura del concreto recién mezclado	64
30.	Curva granulométrica del agregado fino	65
31.	Curva granulométrica del agregado grueso	66
32.	Agregado grueso, agregado fino y cemento pesados para una mezcla de concreto	67
33.	Programación cantidades de concreto a colocar en determinada hora del primer día	69
34.	Programación cantidades de concreto a colocar en determinada hora del segundo día	70
35.	Porcentaje de resistencia a la edad de 3 días	86
36.	Porcentaje de resistencia a la edad de 7 días.	87
37.	Comparación de la evolución de la resistencia de las diferentes muestras de concreto en edades diferentes	87

38.	Resistencia a compresión del cilindro patrón en edades de 3, 7 y 28 días.....	88
39.	Resistencia a compresión de las muestras con tiempo de formación de junta de 24 horas, en edades de 3, 7 y 28 días.....	88
40.	Resistencia a compresión de las muestras con tiempo de formación de junta de 4 horas, en edades de 3, 7 y 28 días.....	89
41.	Resistencia a compresión de las muestras con tiempo de formación de junta de 2 horas, en edades de 3, 7 y 28 días.....	89
42.	Resistencia a compresión de las muestras con tiempo de formación de junta de 1 hora, en edades de 3, 7 y 28 días.....	90
43.	Comparación de la evolución de la resistencia de los cilindros con diferentes tiempos de formación de junta.....	90
44.	Comparación nro. 2 de la evolución de la resistencia de los cilindros con diferentes tiempos de formación de junta.....	91
45.	Comparación de los pesos promedio de los pares de cilindros ensayados a cada edad.....	92
46.	Comparación de los diámetros promedio de los pares de cilindros ensayados a cada edad.....	92
47.	Comparación de las alturas promedio de los pares de cilindros ensayados a cada edad.....	93
48.	Comparación de las densidades promedio de los pares de cilindros ensayados a cada edad.....	93
49.	Comparación de las cargas promedio resistidas por los cilindros a cada edad.....	94
50.	Frecuencias del tipo de falla de los cilindros según el tiempo de formación de junta.....	94
51.	Tipos de fractura en cilindros de concreto sometidos a compresión.....	98
52.	Probetas de concreto cilíndricas con junta fría a la mitad de la altura..	100
53.	Muestra cilíndrica de concreto con falla de tipo 6.....	101

54.	Muestra cilíndrica de concreto con falla de tipo 2	101
55.	Muestra cilíndrica de concreto con falla de tipo 6	102
56.	Corte transversal de un cilindro sometido a una carga uniformemente distribuida, normal al plano de interés.....	103
57.	Esquema de analogía entre dos elementos cualquiera sometidos a cargas en dos arreglos distintos.	103

TABLAS

I.	Características físicas de los agregados	5
II.	Clasificación de los agregados para concreto según su densidad	9
III.	Tensayos de los agregados según ntg 41007 h1	22
IV.	Ensayos del conceto según normas coguanor ntg	25
V.	Edades de ensayo y tolerancias admisibles	53
VI.	Características físicas del agregado fino	65
VII.	Características físicas del agregado grueso	66
VIII.	Datos de entrada en hoja de cálculo de diseño de mezcla de concreto... ..	67
IX.	Datos de salida en hoja de cálculo de diseño de mezcla de concreto	68
X.	Peso de los materiales por cada bachada de concreto	68
XI.	Información de laboratorio de los cilindros patrón	71
XII.	Informe de laboratorio de los cilindros con tiempo de formación de junta de 24 horas	72
XIII.	Informe de laboratorio de los cilindros con tiempo de formación de junta de 4 horas	73
XIV.	Informe de laboratorio de los cilindros con tiempo de formación de junta de 2 horas	74
XV.	Informe de laboratorio de los cilindros con tiempo de formación de junta de 1 hora.....	75

XVI.	Porcentaje de resistencia respecto a una edad de 28 días de los cilindros con diferente tiempo de formación de junta	76
XVII.	Comparación de las resistencias con cada tiempo de formación de junta respecto a las muestras patrón	76
XVIII.	Comparación de los porcentajes de resistencia con cada tiempo de formación de junta respecto a las muestras patrón.....	77
XIX.	Resumen de resistencia a compresión de cada cilindro ensayado en una edad especificada	78
XX.	Comparación estadística de las resistencias a cada edad.....	79
XXI.	Promedios y desviaciones estándar del peso de cada par de cilindros ensayados.....	80
XXII.	Promedios y desviaciones del diámetro de cada par de cilindros ensayados.....	80
XXIII.	Promedios y desviaciones estándar de la altura de cada par de cilindros ensayados....	81
XXIV.	Promedios y desviaciones estándar de las cargas resistidas por cada par de cilindros ensayados.....	82
XXV.	Promedios y desviaciones estándar del esfuerzo resistido por cada par de cilindros ensayados.....	82
XXVI.	Promedios y desviaciones estándar de la densidad de cada par de cilindros ensayados....	83
XXVII.	Frecuencias del tipo de fractura de cada cilindro ensayado.....	84
XXVIII.	Frecuencias porcentuales del tipo de fractura de cada cilindro ensayado.....	84
XXIX.	Tabla de frecuencias del tipo de falla de los cilindros según el tiempo de formación de junta.	85
XXX.	Tabla de frecuencias porcentuales del tipo de falla de los cilindros según el tiempo de formación de junta.	85

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A.F	Agregado fino
A.G	Agregado grueso
kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
PSI	Libra por pulgada cuadrada
lb/in²	Libra sobre pulgada cuadrada
MPa	Megapascal
m	Metro
mm	Milímetro
µm	Picómetro
Pulg.	Pulgada
f'c	Resistencia de diseño del concreto
fc	Resistencia real del concreto

GLOSARIO

Abrasión	Proceso de desgaste o de destrucción, producido en la superficie terrestre por agentes externos.
Aditivos	Son aquellos ingredientes del concreto que, además del cemento portland, del agua y de los agregados, se adicionan a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado con el fin de modificar alguna de las propiedades del concreto en estado fresco o endurecido.
Agregados	El agregado es un material granular (arena, grava, piedra triturada o escoria) usado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico. Puede utilizarse en su estado natural o bien, triturado, de acuerdo con su uso y aplicación.
ASTM	American Society for Testing and Materials Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales, por sus siglas en inglés. Es una organización dedicada a desarrollar y publicar normas técnicas de materiales, productos, servicios y sistemas, las cuales tienen amplia aplicación y aceptación en la industria a nivel mundial.

Cemento <i>portland</i>	Es el producto artificial resultante de calcinar hasta un principio de fusión mezclas rigurosamente homogéneas de caliza y arcilla, obteniéndose un cuerpo llamado clínquer, constituido por silicatos y aluminatos anhidros, el cual hay que pulverizar junto con el yeso, en proporción menor al 3% para retrasar su fraguado. El calificativo Portland se debe al color semejante al de las piedras de las canteras inglesas de Portland.
Colocación	La colocación consiste en hacer llegar el concreto fresco desde el sitio del mezclado hasta las formaletas.
Concreto endurecido	Estado en el que el concreto ha perdido humedad y adquiere dureza. Para llegar a este estado el concreto deja de tener plasticidad, mediante un proceso fisicoquímico de larga duración.
Concreto fresco	El concreto fresco es aquel que una vez mezclado, no ha sobrepasado un tiempo de dos horas para el caso general, y una hora en el caso de fabricar el hormigón con cementos de alta resistencia. Este mantiene una consistencia plástica.
Cono de Abrams	El ensayo de asentamiento del concreto o prueba de cono de Abrams es un método de control de calidad cuyo objetivo principal es medir la consistencia del concreto.

Consolidación	Es el proceso por el cual el aire atrapado en la mezcla fresca es sacado de la misma. Para lograrlo se utilizan medios mecánicos (vibración, varillado o golpes en las formaletas).
Contracción	La contracción es un cambio de volumen o “deformación” del concreto. Durante este proceso es común observar fisuras en la superficie del concreto.
Curado del concreto	Es el proceso por el cual el concreto elaborado con cemento hidráulico madura y endurece con el tiempo, como resultado de la hidratación continua del cemento en presencia de suficiente cantidad de agua y de calor.
Edad de 28 días	28 días es adecuada para utilizarla como valor correspondiente al cien por ciento. A partir de esa edad el incremento en la resistencia tiene una tasa de crecimiento en el tiempo muy baja para ser considerada como significativa.
Esfuerzo normal	Esfuerzo que es perpendicular al plano sobre el que se aplica la fuerza de tracción o compresión, que es distribuido de manera uniforme por toda su superficie.
Fisura	Quiebre o rotura que afecta a los elementos de concreto, cuyo ancho superficial es menor que 3 mm.

Formaleta	Elementos que funcionan como moldes, temporales o permanentes, en los que se vierte el concreto; estos pueden ser de diversos materiales.
Grout	El <i>grout</i> o lechada es un material muy fluido, autonivelante y de alta resistencia mecánica, que se utiliza para rellenar bases, anclajes y pequeños espacios. También se aplica en estructuras de concreto postensado para el relleno de las cavidades de los cables.
Humedad relativa	Es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a la misma temperatura.
Malla número 4	La malla o tamiz número 4 es un bastidor metálico con un cedazo de abertura de 4.76 mm. El número 4 corresponde a la nomenclatura del <i>U.S Standard Sieve</i> . Es el tamaño de malla que separa agregado grueso del agregado fino.
Meteorización	Fragmentación o degradación parcial o total de las rocas y los minerales en contacto con la atmósfera, la hidrósfera o la biosfera.
Mortero	Los morteros son un tipo de material plástico que se da con la mezcla de un aglomerante, agua y arena. El aglomerante puede ser yeso, cal, cemento o la combinación de estos.

NTG	Siglas para Norma Técnica Guatemalteca, las cuales son elaboradas por comités técnicos de normalización.
Plasticidad	Es la propiedad mecánica de los materiales de deformarse permanente e irreversiblemente cuando se encuentra sometido a esfuerzos por encima de su rango elástico.
Probeta	Muestra de cualquier sustancia o material para probar su elasticidad, resistencia, entre otros.
Relación agua-cemento	Es la razón entre el contenido efectivo de agua y el contenido de cemento en masa del hormigón fresco. Está relacionada de forma inversamente proporcional a la resistencia del concreto.
Resistencia a compresión	Es la capacidad para soportar una carga por unidad de área, se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm ² , MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (PSI).
Sulfatos	Sal mineral u orgánica del ácido sulfúrico.
Tamiz	Malla de filamentos que se entrecruzan dejando unos huecos cuadrados que permiten retener partículas sumamente delgadas.

Variable moderadora Es un tipo de variable independiente. Esta variable es medida, manipulada o seleccionada para comprobar si modifica la relación entre la variable independiente experimental y la variable dependiente

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como punto focal el fenómeno de las juntas frías y el comportamiento de estas cuando son sometidas a esfuerzo normal de compresión. Sin embargo, más allá de solamente la presencia de las juntas frías, el cuestionamiento que dio origen a esta investigación es: ¿dejar pasar más tiempo entre la colocación de dos capas de concreto adyacentes provoca que este sea menos resistente que un elemento monolítico? De esta cuenta, la dinámica de la experimentación se efectuó a través de muestras cilíndricas de concreto, en las cuales se dejó formar intencionalmente una junta fría; cada una de ellas con diferente tiempo entre las dos colocaciones de concreto. El objetivo de esto fue verificar si existe alguna relación entre un mayor tiempo de formación de la junta fría y un supuesto decremento en la resistencia de las muestras de concreto.

Los datos de laboratorio para los tiempos de formación de junta de 1, 2, 4 y 24 horas demostraron que la resistencia a compresión no tuvo decremento ni variación significativa tanto en relación con las muestras monolíticas ni en relación con un mayor tiempo de formación de la junta; contrario a lo que intuitivamente podría haberse supuesto.

En otras palabras, en cuanto a lo abarcado por esta investigación, una junta fría cuyos esfuerzos sean normales al plano de su formación, para tiempos entre colocaciones de concreto de hasta 24 horas, no tendrá una diferencia significativa respecto a un elemento monolítico, tal que sea necesario tomar medidas de tratamiento de junta. Sin embargo, vale la pena destacar que las conclusiones de esta investigación no son extrapolables a tiempos de formación

de junta mayores a los ensayados, a otros tipos de esfuerzos, ni a otros tipos de planos.

OBJETIVOS

General

Comparar la resistencia a compresión del concreto con presencia de juntas frías en el plano horizontal, con diferentes tiempos de formación.

Específicos

1. Evaluar la resistencia a compresión del concreto con presencia de juntas con diferentes tiempos de formación.
2. Describir la evolución de la resistencia a compresión del concreto con presencia de juntas frías con diferentes tiempos de formación, en edades distintas.
3. Comparar la resistencia a compresión del concreto con presencia de juntas con diferentes tiempos de formación, respecto a muestras de concreto monolítico.
4. Determinar cuál es el comportamiento de la resistencia a compresión del concreto, cuando aumenta el tiempo de formación de las juntas frías.

INTRODUCCIÓN

Los proyectos de construcción están sujetos a diferentes circunstancias que pueden llegar a afectar el desarrollo normal de las actividades. Cuando el colocado del concreto se interrumpe, y se coloca concreto fresco sobre concreto endurecido o fraguado, se producen planos de discontinuidad o debilidad llamados juntas frías (Rathi y Kolase, 2013). Las juntas frías, por lo tanto, pueden tener efecto negativo en la integridad general de las estructuras y pueden conducir a la demolición de los elementos, si no se logran identificar y tratar adecuadamente. Y aunque no se tiene certeza de en qué medida las juntas frías reducen la resistencia del concreto, se sabe que algunas variables afectan de forma particular, como los planos en los que se forma la junta y el tiempo que pasa entre las diferentes colocaciones del concreto (Wall y Shrive, 1988). Esta última variable se conoce como tiempo de formación de la junta fría, y es la principal variable de estudio que tiene el trabajo de investigación propuesto a continuación. En la campaña experimental se elaboraron 30 probetas de 6 pulgadas de diámetro y 12 pulgadas de altura, cada una con una junta fría al centro, y dejando lapsos de 1 hora, 2 horas, 4 horas y 24 horas para la formación de la junta. Los datos obtenidos del ensayo a compresión de estas muestras fueron comparados y contrastados con resultados obtenidos de muestras patrón, sin junta fría.

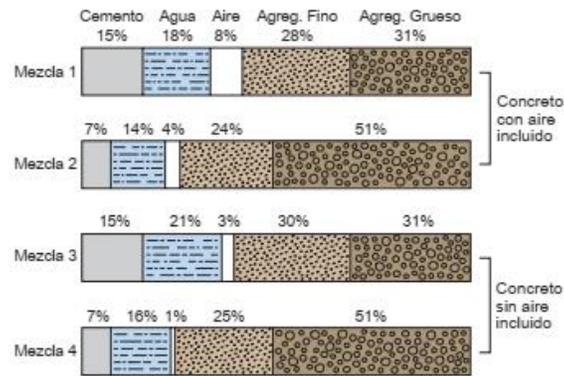
1. CONCRETO

1.1. Fundamentos del concreto

Kerkhoff et al. (2004) indican que el concreto es básicamente una mezcla de dos componentes, agregados y pasta, aunque el aire (dependiendo del propósito del concreto) puede ser también un componente importante. La pasta que no es más que la mezcla de cemento portland y agua, sirve como aglomerante de los agregados; estos últimos se clasifican por su granulometría como finos y gruesos.

También pueden encontrarse concretos con la inclusión de puzolana, cenizas volantes, microsilica, aditivos, polímeros, fibras y etc. En esta mezcla, la pasta constituye entre 25 % a 40 % del volumen total del concreto, el agua entre 14 % y 21 % y el aire entre 3 % hasta 8 %, Kerkhoff et al. (2004). El resultado de esta mezcla, en cualquiera de las proporciones que se diseñe, es un material con dos estados bien marcados: fresco y endurecido.

Figura 1. **Variación de las proporciones usadas en el concreto**



Fuente: Kerkhoff et al. (2004) *Diseño y control de mezclas de concreto*. p. 1.

1.1.1. **Cemento**

El cemento utilizado en la actualidad se denomina cemento portland, el cual está compuesto principalmente por silicatos hidráulicos de calcio, aluminatos de calcio y ferroaluminatos de calcio. Al mezclarse con el agua, reacciona en un proceso llamado hidratación, en donde la superficie de cada partícula de cemento forma una capa fibrosa la cual con el tiempo se enlaza con las demás capas fibrosas de las partículas adyacentes. El crecimiento de tales fibras resulta en la rigidización, endurecimiento y desarrollo de resistencia. La rigidización del concreto que es un sinónimo de pérdida de trabajabilidad, ocurre normalmente tres horas después del mezclado, pero puede variar dependiendo de la finura del cemento, aditivos, proporciones de la mezcla y temperatura, Kerkhoff et al. (2004).

- Tipos de cemento:
 - Cemento tipo I: es cemento para uso general, en donde no se tienen requerimientos especiales. Puede ser utilizado en edificios de

concreto armado, pavimentos, pisos, tuberías, tanques, embalses, mampostería y productos de concreto prefabricado, Neville y Brooks (2010), Kerkhoff et al. (2004).

- Cemento tipo II: el cemento tipo II es recomendado para condiciones en las que el concreto este expuesto a ataques por sulfatos. Puede ser usado en estructuras normales, miembros expuestos a suelos o agua subterránea donde la concentración a sulfatos sea más alta que lo normal pero no severa. Se le denomina también de moderada resistencia a los sulfatos, Neville y Brooks, (2010).
- Cemento tipo III: el cemento tipo III o de alta resistencia inicial tiene la característica de alcanzar la resistencia máxima en periodos de una semana o menos. Es un cemento con tamaños de partícula menores que los del tipo I. Es utilizado para disminuir el tiempo de curado, o por motivos constructivos, Neville y Brooks (2010).
- Cemento tipo IV: es un tipo de cemento cuya principal característica es la baja cantidad de calor generado por la hidratación. El desarrollo de su resistencia es más lento que los otros tipos, pero su ventaja es que puede utilizarse para fundiciones masivas como presas por gravedad, etc., Neville y Brooks (2010).
- Cemento tipo V: es un cemento utilizado para concretos expuestos a ataques severos de sulfatos. El desarrollo de la resistencia es más lento que con el cemento tipo I. Se debe procurar una baja relación agua-cemento para el buen desempeño del concreto. El cemento tipo V no es resistente a ácidos o a otras sustancias altamente corrosivas, Neville y Brooks (2010).

1.2. Agregados

Los agregados o áridos juegan un papel de gran importancia en el resultado final de una mezcla de concreto. Estos constituyen entre el 60 % al 75 % del volumen total del concreto, Kerkhoff et al. (2004). En campo se clasifican como agregados gruesos y finos, caracterizándose el primero por no pasar de la malla número 4.

Se suele considerar que los agregados son inertes, sin embargo, no lo son del todo; las propiedades físicas, térmicas y en ocasiones químicas tienen influencia en el desempeño del concreto. Los agregados naturales son formados por procesos de meteorización y abrasión o por la trituración. En este último caso, muchas de las propiedades como dureza, estabilidad física y química, porosidad, color, gravedad específica, entre otros, son las mismas de la roca madre, pero otras como la forma de las partículas, tamaño, textura y absorción dependerán del procedimiento de trituración. Todas estas propiedades tendrán influencia en la calidad del concreto fresco y endurecido, por lo tanto, se debe tener especial cuidado en su selección, Neville (2010).

Los agregados pueden clasificarse de acuerdo con el tamaño, densidad, petrografía, forma y textura.

Para trabajar con los agregados es importante considerar lo dictado por el *American Concrete Institute*, en la norma 318-2019, en sus secciones 26.4.1.2, y en las normas ASTM C33 y C330.

Tabla I. **Características físicas de los agregados**

Propiedad	Concepto	Importancia	Valores
Granulometría	Distribución de los diferentes tamaños de las partículas que constituyen una masa de agregados.	Trabajabilidad del concreto y economía.	Los valores deben cumplir con lo establecido en la tabla 2 de la norma NTG 41007, "Agregados para concreto. Especificaciones". (Ver anexo 1)
Forma y textura superficial de las partículas	Esta propiedad tiene gran influencia en el concreto fresco. Por lo general agregados ásperos y angulares son preferibles porque mejoran la adherencia.	Trabajabilidad y adherencia del concreto.	15 % máximo de partículas planas y elongadas.

Continuación de tabla I.

Propiedad	Concepto	Importancia	Valores
Masa volumétrica (masa unitaria) y vacíos	Masa de agregado necesaria para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado. Incluye al agregado y los vacíos.		Masa volumétrica: entre 1,200 y 1,750 kg/m ³ . Índice de vacíos: A.G: 30 % - 45 % A.F: 40 % - 50 %
Gravedad específica (Densidad relativa)	Es la relación entre la masa de un agregado y la masa de agua con el mismo volumen absoluto.	Cálculos de dosificación y control de la mezcla.	2,4 – 2,9 (adimensional)
Masa específica	Multiplicación de la masa específica relativa de los agregados por la densidad del agua (1,000 kg/m ³).	Cálculos de dosificación y control de la mezcla.	2,400 – 2,900 kg/m ³

Continuación de tabla I.

Propiedad	Concepto	Importancia	Valores
Absorción y humedad superficial	La porosidad es la cantidad de espacios vacíos en una partícula de agregado. Los estados de humedad: secado al horno, secado al aire, seco saturado y húmedo dependerán de la cantidad de agua en la masa de agregado.	Control de calidad del concreto 1.(relación agua-cemento)	Absorción: A.G: 0.2 % - 4 % A.F: 0.2 % - 2 %
Resistencia a la abrasión	Un agregado es susceptible al desgaste, principalmente si se usa en pavimentos. Mucho desgaste puede aumentar la cantidad de fino en el concreto y desmejorar la trabajabilidad o requerir más agua y cemento en la mezcla.	Es utilizado como un índice general de la calidad del agregado.	Depende del elemento estructural y la ubicación. Los valores deben cumplir con lo establecido en la Tabla 3 de la norma NTG 41007. "Agregados para concreto. Especificaciones". (Ver anexo 2 y 3)

Continuación de tabla I.

Propiedad	Concepto	Importancia	Valores
Reactividad álcali-agregado	Ciertos constituyentes del agregado pueden reaccionar con los hidróxidos alcalinos en el concreto. La reacción álcali-agregado puede ser álcali-sílice (RAS) o álcali carbonato (RAC).	Sanidad contra cambios de volumen.	5 % - 25 % de arcillas o relación calcita-dolomita 1:1 producen RAC.
Materiales potencialmente perjudiciales	Los agregados pueden contener limo, arcilla, materia orgánica, óxido de hierro, carbón, entre otras.	Determinar si el agregado puede o no ser utilizado.	Los valores deben cumplir con lo establecido en la Tabla 1 y 3 de la norma NTG 41007 (ASTM C33/C33-08), "Agregados para concreto. Especificaciones". (Ver anexo 2 y 3)

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas. Norma NTG 41007.

1.2.1. Clasificación por tamaño

El tamaño de un agregado no se refiere a dimensiones puntuales, sino más bien a porcentajes de material de diferentes tamaños. El tamaño mínimo para agregados gruesos será de 4.76 mm, de acuerdo con Villalta (2011). Por otro lado, están los agregados finos, los cuales según la norma ASTM C 33 (2012), pueden ser arenas naturales, arenas manufacturadas o una combinación de ambas. Generalmente estos tienen partículas que comprenden tamaños entre los 150 μm (tamiz No. 100) y 9.5 mm (tamiz de 3/8”).

1.2.2. Clasificación según su densidad

Es necesaria esta clasificación pues dependiendo de la densidad de concreto que sea necesario diseñar, se utilizarán uno u otro tipo de agregado, tal y como indica la siguiente tabla.

Tabla II. Clasificación de los agregados para concreto según su densidad

Tipo de concreto	Masa unitaria aprox. del concreto kg/m ³	Masa unitaria del agregado kg/m ³	Ejemplo de utilización	Ejemplo de agregado
Ultraligero	500 - 800		Concreto para aislamiento.	Piedra pómez Ag. Ultraligero.

Continuación de tabla II.

Tipo de concreto	Masa unitaria aprox. del concreto kg/m ³	Masa unitaria del agregado kg/m ³	Ejemplo de utilización	Ejemplo de agregado
Ligero	950 – 1 350 1,450 – 1,950	480 – 1,040	Rellenos y mampostería no estructural. Concreto estructural	Perlita Ag. Ultraligero
Normal	2,250 – 2,450	1,300 – 1,600	Concreto Estructural y no estructural	Agregado de río o triturado.
Pesado	3,000 – 5,600	3,400 – 7,500	Concreto para proteger de radiación gamma o X, y contrapesos	Hematita, barita, coridón, magnetita

Fuente: Rivera, Gerardo. (2005) *Agregados para mortero o concreto*.

1.2.3. Clasificación según su forma y textura superficial

Los agregados (generalmente los gruesos) pueden tener formas diferentes. Pueden presentarse partículas alargadas o aplanadas las cuales tienen efecto perjudicial en la trabajabilidad, la resistencia y la durabilidad de las

mezclas, pues tienden a orientarse en un solo plano, Rivera (2005). La textura se basa en el grado en que una partícula es pulida o mate, suave o áspera, y también juega un rol importante, principalmente en la resistencia a flexión del concreto. Esto parece ser debido a que cuando más rugoso es el agregado, mayor es la superficie de contacto con la pasta de cemento y por lo tanto, tiene mayor adherencia, Fernández (2005). Las texturas pueden ser vítrea, lisa, granular, áspera, cristalina y apanalada.

1.2.4. Clasificación por petrografía

Los agregados pueden dividirse en diferentes grupos de rocas con características en común. En general no se considera que la pertenencia de un agregado a cierto grupo petrográfico pueda determinar la idoneidad para el uso en concreto, de acuerdo con Neville (2010). Según ASTM C294-05 (2012), los principales minerales encontrados en los materiales son: minerales de silicio (cuarzo, ópalo, calcedonia, tridimita, cristobalita), feldespatos, micas, minerales de carbono, minerales sulfatos, sulfuros de hierro, zeolita, minerales de óxido de hierro, minerales arcillosos. También se pueden clasificar grupos por el tipo de roca madre como: basaltos, granitos, calizas, esquistos, pedernal, areniscas, pórfidos, gabros, corneanas, cuarcitas.

1.3. Concreto fresco

Sanhueza (2015) define que: “El concreto fresco es aquel que ha terminado su proceso de mezclado y aún no ha sido colocado, sin sobrepasar un tiempo de dos horas en concretos corrientes, y una hora en concretos de alta resistencia, desde el comienzo del amasado”. Durante los minutos inmediatos después del mezclado de los agregados, cemento y agua, se consigue un material de consistencia plástica o semifluida que según Neville (2010), debe

permitir el transporte, colocación, compactación y acabado del mismo. El concreto fresco tiene propiedades que dependen en gran medida de la secuencia de preparación de la mezcla, por eso es importante mantener un riguroso control en esta actividad. Las propiedades en cuestión se detallan a continuación.

1.3.1. Trabajabilidad

La trabajabilidad es la facilidad de colocación, consolidación y acabado del concreto fresco y el grado que resiste a la segregación. El concreto debe ser trabajable pero los ingredientes no deben separarse durante el manejo y transporte. Los factores que influyen en la trabajabilidad del concreto son: el método y la duración del transporte, la cantidad y características de los materiales cementantes, la consistencia del concreto (medida con el cono de Abrams), tamaño, forma y textura superficial de los agregados finos y gruesos, aire incluido (incorporado), cantidad de agua, temperatura del concreto y del aire y los aditivos utilizados. Generalmente la trabajabilidad mejora con la adición de aire a la mezcla y la distribución uniforme de las partículas del agregado. La consistencia se considera una buena indicación de trabajabilidad; un bajo revenimiento en el concreto ocasiona poca trabajabilidad, Kerkhoff et al. (2004), sin embargo, tampoco debe inclinarse la balanza hacia un concreto demasiado fluido pues esto puede ocasionar segregación y formación de huecos en el estado endurecido. La consistencia debe ser lo más seca posible para que aún se permita la colocación empleándose los equipos de consolidación disponibles Powers (1932), Scanlon, (1994).

1.3.2. Cohesión y segregación

La segregación es la separación de los elementos constituyentes de una mezcla heterogénea, por lo que su distribución pierde uniformidad. En el

concreto, las diferencias en los tamaños de las partículas de los agregados son la principal causa de segregación, pero puede disminuirse el riesgo de esta al seleccionar granulometrías adecuadas. Parte de los requerimientos de un concreto apropiadamente trabajable es que no sea tan fluido como para segregarse; es decir, debe ser cohesivo. Neville, (2010) indica que para una completa compactación es necesario evitar al máximo la segregación.

Puede haber dos formas de segregación. En el primer caso, las partículas de agregado grueso tienden a separarse de la mezcla, debido a que se desplazan más rápido que las partículas de agregado fino durante el colado. El segundo caso sucede cuando la pasta de cemento se separa de la mezcla. Para ambos casos la relación agua-cemento juega un papel crucial. El primer caso suele suceder cuando la mezcla es muy seca, mientras que el segundo cuando la mezcla es muy fluida. La segregación también puede suceder por el uso excesivo o indebido del vibrador al momento de compactar el concreto, Neville (2010).

1.3.3. Sangrado y asentamiento

El sangrado o exudación es el desarrollo de una lámina de agua en la superficie del concreto recién colocado. Es causada por la sedimentación o asentamiento de las partículas sólidas (cemento y agregados) y la subida del agua hacia la superficie. Es un proceso normal en el concreto y no debería de reducir la calidad de este en tanto este bien colocado, acabado y curado. Un poco de sangrado resulta útil en el control de la fisuración por contracción (retracción) plástica. La evaporación del volumen de agua del sangrado disminuye el nivel real de concreto, este cambio se conoce como contracción por sedimentación. Para Kerkhoff et al. (2004), Neville (2010) y Alvarez, (2017), el uso de una granulometría apropiada, cierto tipo de aditivos, aire incluido y materiales cementantes complementarios y más finos, reducen el sangrado.

1.3.4. Consolidación

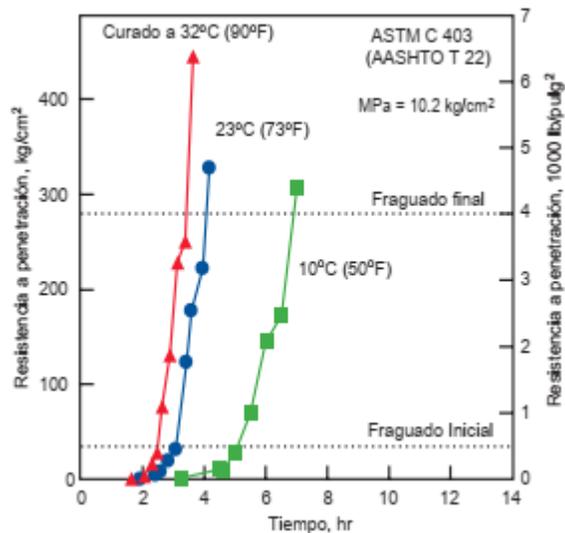
La consolidación es el proceso con el cual, por medio de aplicación de energía en el concreto fresco, se aumenta su densidad. Puede ser por vibración o consolidación manual. La consolidación manual usualmente se consigue apisonando el concreto con un elemento largo, capaz de llegar a las partes más profundas de la formaleta. La vibración mueve las partículas del concreto recién mezclado, reduce el rozamiento (fricción) entre ellas y les da la movilidad de un fluido denso. Mientras mayor sea el tamaño máximo del agregado grueso, menor es el volumen a llenarse de pasta y menor es el área superficial para ser cubierta por la pasta, por lo tanto, menos agua y cemento son necesarios, y se hace necesaria la vibración para disminuir las porosidades en el concreto y evitar que el resultado final sea de poca durabilidad. Vibrar el concreto para consolidarlo también permite la utilización de mezclas con consistencia rígida (bajo revenimiento), Kerkhoff et al. (2004).

1.3.5. Hidratación, tiempo de fraguado y endurecimiento

La hidratación se debe a las reacciones químicas entre el cemento y el agua; de esto depende la calidad de la adhesión de la pasta. Se necesitan 0.4 gramos de agua por gramo de cemento para la hidratación completa del cemento, Powers (1984), sin embargo, suele utilizarse más de esto por motivos de la trabajabilidad. Por otro lado, la hidratación no sucede en un periodo de tiempo corto, para la hidratación completa del concreto puede llegar a requerirse incluso décadas. La hidratación genera calor, y este calor puede ser perjudicial cuando se hacen fundiciones de estructuras masivas, pues pueden producirse temperaturas diferenciales. Frente a bajas temperaturas del ambiente, este calor de hidratación puede tener efectos positivos para el concreto, Kerkhoff et al. (2004).

La reacción ideal del agua y el cemento es aquella cuyos tiempos permiten un tiempo holgado para transportarlo y colocarlo; y una vez colocado, endurezca rápidamente. El yeso adicionado al clínker actúa como regulador del fraguado inicial. Otros factores como la finura del cemento, los aditivos, la cantidad de agua y la temperatura de los materiales son otros factores que influyen en la velocidad de hidratación, Kerkhoff et al. (2004).

Figura 2. **Tiempo de inicio y fin de fraguado para una mezcla de concreto en diferentes temperaturas**



Fuente: Kerkhoff et al. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. p. 6.

1.4. Concreto endurecido

Cuando el concreto ha perdido la plasticidad y ha alcanzado el tiempo de fraguado final, se denomina concreto endurecido. Comienza a adquirir resistencia y cumple con soportar las condiciones ambientales a las que está expuesto. Muchos factores influyen en el endurecimiento del concreto, relación agua/cemento, curado, temperatura durante el curado, entre otros, pero la

consolidación tiene la mayor importancia para el desarrollo de sus propiedades a largo plazo, Neville (2010).

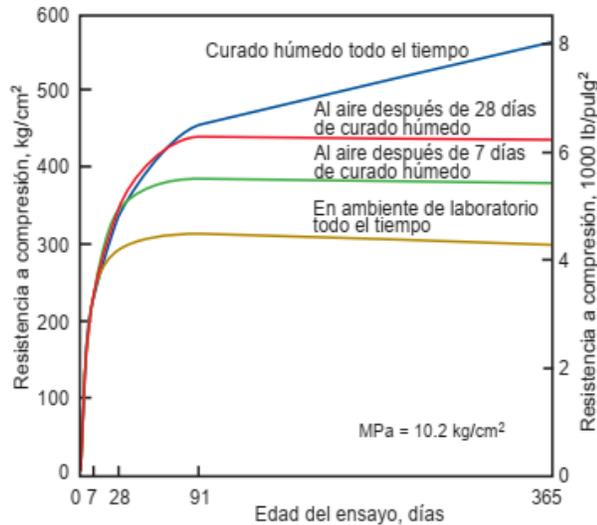
1.4.1. Curado

La resistencia del concreto continúa aumentando en tanto permanezcan ciertas condiciones que son favorables para este propósito, las cuales son:

- Presencia de cemento aún no hidratado.
- El concreto permanece húmedo o la humedad relativa del aire está arriba de 80 %.
- La temperatura del concreto permanece favorable.
- La existencia de espacio suficiente para la formación de los productos de hidratación.

Si se satura nuevamente el concreto después del periodo de secado (deseccación), la hidratación vuelve a comenzar, aunque es preferible que, si se está aplicando un curado húmedo, sea continuo desde el momento en que se realizó la colocación, hasta que el concreto haya alcanzado la calidad deseada. Cuando el concreto se seca completamente, es muy difícil volver a saturarlo, según Kerkhoff et al. (2004).

Figura 3. **Resistencia del concreto con la edad, en condiciones diferentes de curado**



Fuente: Kerkhoff et al. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. p. 6.

1.4.2. **Velocidad de secado del concreto**

En el concreto, secarse no es sinónimo de endurecer. El cemento de la mezcla necesita de humedad para hidratarse y endurecerse. Cuando el concreto se seca, la resistencia detiene su aumento, pero puede llegar a secarse sin haberse hidratado apropiadamente. Los concretos recién colocados suelen tener abundancia de agua, pero a medida que el secado progresa, solo las capas internas del concreto conservan humedad, por lo que solo ellas continúan ganando resistencia, Kerkhoff et al. (2004).

El secado de las capas superficiales provoca cambios volumétricos en el concreto, a esto se le conoce como contracción por secado, y es la principal causa de fisuración. El ancho de las fisuras (o grietas) está en función del grado

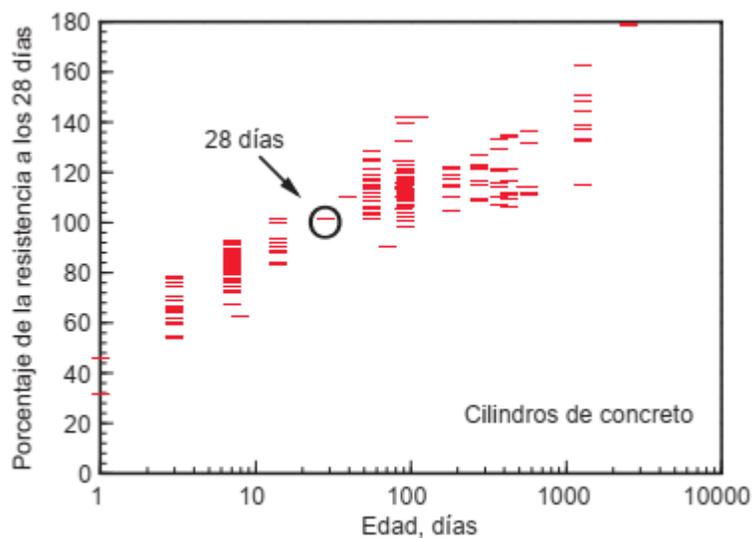
de desecación, espaciamiento y frecuencia de las fisuras y edad de la aparición de las fisuras.

1.4.3. Resistencia

La resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Se expresa en kilogramos sobre centímetros cuadrados (kg/cm^2), megapascuales (MPa) o en libras por pulgada cuadrada (lb/pulg^2 o psi), a una edad de 28 días.

Se utiliza la edad de 28 días como parámetro de comparación con otras edades; a 7 días la resistencia es 75 % de la resistencia a 28 días, a 14 días es 90 %, y en edades mayores como 56 y 90 días las resistencias son aproximadamente 10 % y 15 % mayores que la resistencia a los 28 días, Kerkhoff et al. (2004).

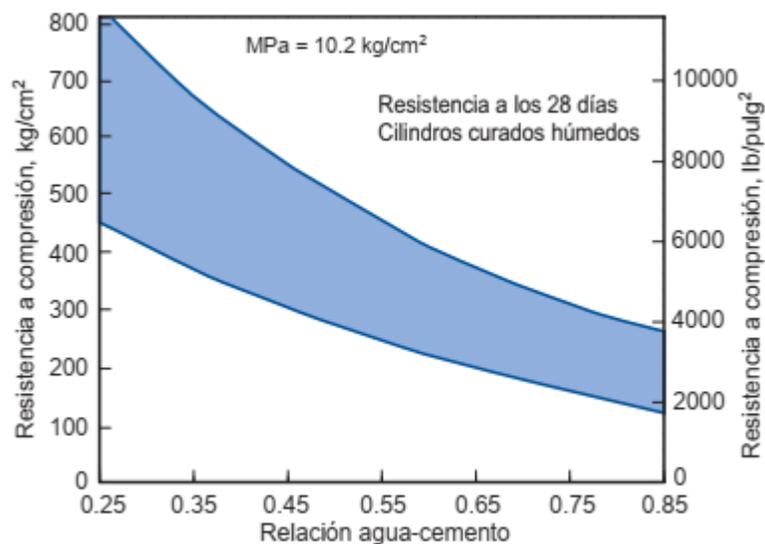
Figura 4. **Desarrollo de la resistencia a compresión en porcentajes respecto a la resistencia a 28 días**



Fuente: Kerkhoff et al. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. p. 8.

La resistencia real del concreto: f_c , diferente a la resistencia especificada: f'_c , depende principalmente de la porosidad, pero esta es una propiedad difícil de medir en la práctica o incluso calcular. Por lo tanto, en la práctica se asume que los factores importantes para una buena resistencia del concreto son: relación agua-cemento, grado de compactación, edad y temperatura. También factores como la relación agregado-cemento y la calidad de los agregados, granulometría, textura, forma, resistencia y rigidez), Neville (2010).

Figura 5. **Variación de resistencias para relaciones de agua-cemento diferentes**



Fuente: Kerkhoff et al. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. p. 8.

La determinación de la resistencia a compresión se obtiene a través de ensayos en probetas de concreto o mortero. La resistencia a compresión es una propiedad utilizada en los cálculos para diseño de estructuras. La resistencia a flexión o módulo de ruptura se usa en el diseño de pavimentos u otras losas sobre el terreno. La resistencia a flexión determinarse empíricamente como 0.7 a 0.8 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en megapascales o 1.99 a 2.65 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en kilogramos por

centímetros cuadrados, en concretos de peso normal. La resistencia a tensión directa del concreto es aproximadamente de 8 % a 12 % de la resistencia a compresión y se estima normalmente como siendo de 0.4 a 0.7 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en megapascales o de 1.33 a 2.2 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en kilogramos por centímetro cúbico. De acuerdo con Hanson (1968), la resistencia a esfuerzos por cortante (cizallamiento, corte o cizalladura) es del 8 % al 14 % de la resistencia a compresión.

1.4.4. Densidad

La densidad del concreto normal, utilizado en edificios, pavimentos y otras estructuras, tiene valores entre 2,200 y 2,400 kg/m³. La densidad varía dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, aire atrapado y cantidades de agua y cemento. Al usar tamaños máximos mayores de agregado grueso, se reduce la cantidad de pasta y se aumenta la densidad. Puede haber concretos con densidades tan bajas como 240 kg/m³ con propósito aislante y concretos tan densos de hasta 6,000 kg/m³ utilizados como contrapesos o blindajes contra radiación, Kerkhoff et al. (2004).

1.4.5. Durabilidad

La durabilidad es la capacidad del concreto a resistir la acción del ambiente, ataques químicos y abrasión, manteniendo sus propiedades de ingeniería. Los componentes del concreto, sus proporciones y la interacción entre ellos determinan la durabilidad y la vida útil del concreto, Kerkhoff et al. (2004).

1.5. Ensayos y control de calidad

El concreto es un material compuesto de materias primas de diversas procedencias. Muy diferente al caso del acero, la calidad del concreto no puede garantizarse con total certeza por parte del fabricante, pues los procesos no siempre son replicables al cien por ciento. Muchas veces solamente se cuenta con la calidad que indica el proveedor del cemento, y resulta que otras variables como la calidad de las otras materias primas, los procedimientos de fabricación del concreto, el transporte, la colocación, la compactación, el curado y etc. crean una gran incertidumbre en la calidad final del concreto. Por esa razón, es necesario garantizar que las variables de las que sí se tiene control, cumplan de la mejor forma posible con los parámetros especificados por las normas y por los requerimientos del proyecto, y esto se logra a través de los ensayos de calidad establecidos en normas nacionales e internacionales.

1.5.1. Ensayos de los agregados (ASTM C 33, COGUANOR NTG 41007)

La norma utilizada para medir los parámetros de calidad de los agregados de uso en elementos estructurales es la Norma ASTM C-33. Los ensayos referidos en la norma son los siguientes:

Tabla III. **Ensayos de los agregados según NTG 41007 h1**

Ensayo	Norma	Importancia
Graduación o granulometría del agregado fino y grueso.	Norma NTG41010 h1 / ASTM C136. Método de ensayo Análisis granulométrico por tamices de los agregados fino y grueso.	Una correcta graduación determina la economía trabajabilidad, porosidad, bombeabilidad, y contracción del concreto. Sirve para determinar la demanda de agua y cemento.
Sustancias perjudiciales en el agregado fino.	Norma NTG-41007 / ASTM C33/C33-08 Agregados para concreto. Especificaciones.	Sirve para detectar la presencia de partículas muy finas (más que el tamiz No. 200), terrones de arcilla y material de baja densidad (densidad relativa menor de 2.0).
Impurezas orgánicas en el agregado fino	Norma NTG-41010 h4 Método de ensayo. Determinación de materia orgánica en los agregados finos para concreto.	El principal valor de este ensayo es proporcionar un aviso de que puedan estar presentes cantidades perjudiciales de materia orgánica no deseable en el agregado fino.

Continuación tabla III.

Ensayo	Norma	Importancia
Sustancias perjudiciales en el agregado grueso	Norma NTG-41007 / ASTM C33/C33-08 Agregados para concreto. Especificaciones.	Sirve para detectar las cantidades de arcilla, carbón, lignito, cenizas, material fino y materiales reactivos con los álcalis del cemento.
Ensayo	Norma	Importancia
Densidad relativa y absorción del agregado fino y grueso	Norma NTG-41010 h8 / ASTM C127-15 Método de ensayo. Determinación de la densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado grueso. Norma NTG-41010 h8 / ASTM C127-15 Método de ensayo. Determinación de la densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado fino.	Es de utilidad para el diseño y para el control de calidad de las mezclas de concreto.
Masa unitaria del agregado fino y grueso.	Norma NTG-41010 h2 / ASTM C29/C29 Método de ensayo. Determinación de la densidad aparente (masa unitaria) e índice de vacíos en los agregados.	Uso en la cuantificación de material y en el diseño de mezcla de concreto.

Continuación tabla III.

Ensayo	Norma	Importancia
Ensayo de abrasión en la máquina de Los Ángeles para A.G.	<p>Norma NTG 41010 h20 / ASTM C131. Método de ensayo. Determinación de la resistencia al desgaste del agregado grueso de tamaño hasta de 37,5 mm (1½ pulg), por abrasión e impacto en la Máquina de Los Ángeles.</p> <p>Norma NTG 41010 h21 (ASTM C535). Método de ensayo. Determinación de la resistencia al desgaste del agregado grueso de tamaño mayor de 19 mm (¾ pulg), por abrasión e impacto en la Máquina de los Ángeles.</p>	Índice de calidad del agregado y parámetro para resistencia al desgaste de pisos y pavimentos.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word 2019.

1.5.2. Ensayos del concreto

Debido a que el concreto es un material con dos fases muy diferentes, los ensayos también deben de poder cubrir un abanico amplio de características y propiedades. Estos están normados según reglamentos locales o internacionales, para el caso de Guatemala, se aplican las siguientes normas:

Tabla IV. **Ensayos del concreto según Normas COGUANOR NTG**

Ensayo	Norma	Importancia
Ensayo de revenimiento, slump o cono de Abrams.	Norma NTG-41017 h4 / ASTM C143-08 Determinación del asentamiento del concreto hidráulico.	Esta prueba se emplea para determinar la consistencia y trabajabilidad del concreto en estado fresco. En la práctica se interpreta el revenimiento como un parámetro de calidad.
Medición de temperatura del concreto recién mezclado.	Norma NTG-41053 / ASTM C1064/C1064M Método de ensayo. Medición de temperatura del concreto hidráulico recién mezclado.	Sirve para interpretarse como un valor de verificación para requisitos de temperatura de las especificaciones técnicas de los materiales.

Continuación de tabla IV.

<p>Determinación del aire del concreto recién mezclado.</p>	<p>Norma NTG-41017 h6 / ASTM C173-09 Método de ensayo. Determinación del contenido de aire del concreto hidráulico recién mezclado por el método volumétrico.</p> <p>Norma NTG-41017 h7 / ASTM C231-14 Método de ensayo. Determinación del contenido de aire del concreto hidráulico recién mezclado por el método de presión.</p>	<p>El ensayo tiene como fin determinar el contenido de aire en mezclas de concreto fresco, excluyendo cualquier aire que se encuentre dentro de los vacíos internos de las partículas de los agregados. El método de presión ha sido destinado para concretos y morteros elaborados con agregados relativamente densos, mientras que el método volumétrico se utiliza para concretos con agregados livianos.</p>
<p>Masa unitaria</p>	<p>Norma NTG-41017 h5/ ASTM C-138/C138M Método de ensayo. Determinación de la densidad aparente (masa unitaria) rendimiento (volumen de concreto producido) y contenido de aire (gravimétrico) del concreto.</p>	<p>Utilizado como un control de calidad del concreto o para la determinación de rendimientos de producción.</p>

Continuación de tabla IV.

<p>Elaboración de cilindros de concreto</p>	<p>Norma NTG-41060 / ASTM C192 Práctica para la elaboración y curado de especímenes de ensayo de concreto en el laboratorio.</p> <p>Norma NTG-41061 ASTM C-31 Práctica para la elaboración y curado de especímenes de ensayo de concreto en la obra.</p>	<p>Los resultados de ensayos de concreto de especímenes de concreto hechos y curados usando esta práctica son ampliamente usados. Ellos pueden ser la base para ensayos de aceptación de concreto de proyecto, evaluaciones de investigación, y otros estudios.</p>
<p>Resistencia a la compresión</p>	<p>Norma NTG-41017 h1 / ASTM C-39 Método de ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.</p>	<p>Los resultados de este método de ensayo son usados como base para el control de calidad de las operaciones de dosificación, mezclado, y colocación del concreto; determinación del cumplimiento de las especificaciones; control para la evaluación de la efectividad de aditivos; y usos similares.</p>

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word 2019.

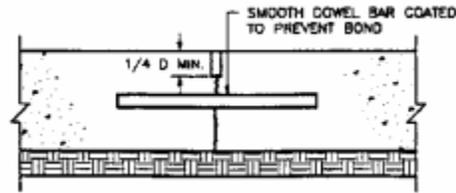
2. JUNTAS EN EL CONCRETO

Las juntas en el concreto pueden surgir por diferentes motivos. Cuando son previstas y planificadas suelen ser con la intención de disminuir el impacto de cambios volumétricos, movimientos propios de la estructura o humedad, de acuerdo con Pfeiffer y Darwin (1987). Sin embargo, motivos como la capacidad de producción o imprevistos en la ejecución también pueden ser motivo para la formación de juntas en el concreto.

Según el Comité ACI 224 (2001), pueden ser interpretadas como “grietas artificiales” (intencionales), o como medios para evitar o controlar agrietamientos indeseados en las estructuras de concreto. Es posible crear planos debilitados en las estructuras para que, de ese modo, los agrietamientos sucedan en la posición predefinida, en donde tiene poco impacto estructural o visual. Las juntas serán designadas de acuerdo con una terminología del Comité de Actividades Técnicas ACI (1979), que considera las siguientes características: resistencia, configuración, formación, localización, tipo de estructura y función.

- Resistencia: Reforzada, con o sin pasadores, pines o dovelas.
 - Las juntas reforzadas se presentan principalmente en pavimentos en los que la relación longitud-ancho excede 3:1. El cálculo de tales refuerzos puede realizarse de acuerdo con ACI 330R, Comité 224 ACI (2001).
 - Juntas con pasadores: los pasadores son pines metálicos, también conocidos como clavijas, los cuales tienen la función de distribuir los esfuerzos cortantes entre los elementos adyacentes, comité 224 ACI (2001).

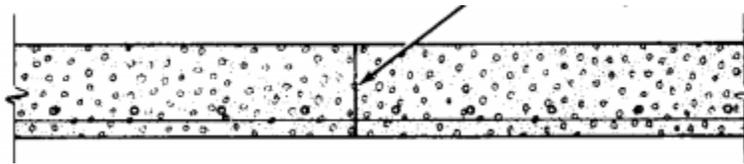
Figura 6. **Junta de contracción con pasador**



Fuente: Comité ACI 224. (2001). *Juntas en construcción de concreto*. p. 21.

- Configuración: lisas, con traslape, con lengüeta.
 - Las juntas lisas o “a tope” son aquellas en las que los planos de los elementos adyacentes son totalmente paralelos en una sola dirección.

Figura 7. **Junta de construcción lisa**

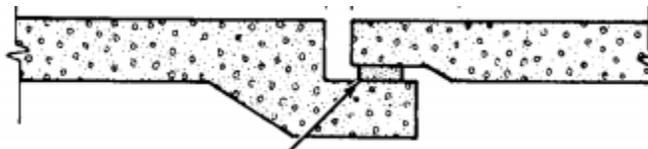


Fuente: Fintel. (1974). *Handbook of concrete Engineering*. p. 127.

- Las juntas con traslape tienen la particularidad de tener secciones diferentes en cada uno de los elementos, pero conservan el paralelismo en sus planos adyacentes.

○

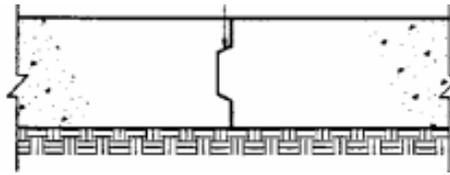
Figura 8. **Junta con traslape**



Fuente: Fintel. (1974). *Handbook of concrete Engineering*. p. 130.

- Las juntas con lengüeta se utilizan en sitios en los que se necesite resistir esfuerzos cortantes, o para mantener los segmentos nivelados. Las lengüetas pueden ser metálicas, de madera o ser parte de una pieza prefabricada de concreto, Fintel (1974).

Figura 9. **Junta con lengüeta**



Fuente: Comité ACI 224. (2001). *Juntas en construcción de concreto*. p. 21.

- Formación: cortada con sierra, hecha a mano, hecha con herramientas o formada por inserción.
 - Las juntas aserradas se crean cuando se permite el endurecimiento del concreto y posteriormente se traza la junta con sierra circular, a una profundidad determinada. El debilitamiento de la sección inducirá el agrietamiento en el punto deseado.
 - Las juntas hechas a mano se definen trazando un canal a una profundidad determinada, mientras que el concreto permanece plástico, la profundidad debe de ser suficiente para inducir la separación del elemento.
 - Son hechas con herramientas cuando el concreto ha endurecido y se debe trazar la junta.
 - Las juntas por inserción se forman cuando se deja dentro del elemento de concreto una pieza metálica, de madera, plástica o de caucho, que tiene la función de definir el canal de la junta.
- Ubicación: transversal, longitudinal, vertical, horizontal, están definidas por el plano que forman en el elemento.
- Tipo de estructura: puente, pavimento, losa, vigas, entre otros.

- Función: construcción, contracción, expansión, aislamiento, bisagra, juntas frías y juntas de separación sísmica.

2.1. Juntas de contracción

El concreto como cualquier otro material, sufre cambios volumétricos de origen térmico, pero también es susceptible a la humedad ambiente; tiende a contraerse conforme la pierde, y la humedad relativa también puede ocasionar que se expanda. Sucede frecuentemente que se pierde la humedad desde la superficie hacia el centro de masa y esto ocasiona cambios volumétricos desiguales entre las capas de la masa de concreto, esto último da origen a esfuerzos de tensión y fisuras posteriores, según Bartojay, Harrel y White, (2016). La humedad diferencial del concreto durante el curado y secado son críticas especialmente en fundiciones masivas. La tasa de pérdida de humedad determina la tasa de contracción del concreto, un ritmo mayor de contracción genera más fisuras y grietas pues no permite que el concreto adquiera la resistencia suficiente para soportar los esfuerzos, Fintel (1974).

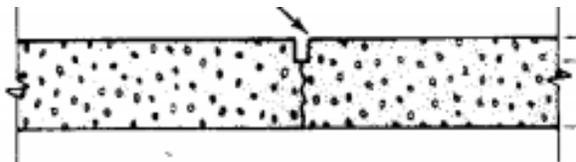
El concreto que está restringido en espacio es más susceptible a experimentar esfuerzos inducidos por la temperatura. Cuando los esfuerzos alcanzan la resistencia a tensión del concreto, ocurren fisuraciones o agrietamientos. Y dada la relativa baja resistencia del concreto a tensión, es muy probable que estos fenómenos ocurran, Pfeiffer y Darwin (1987).

El control de la formación de fisuras y grietas es importante por dos razones principales. La primera es la estética; ninguna estructura es agradable a la vista si tiene fisuras o grietas; y aunque no representen un riesgo, puede ser motivo de alarma para los usuarios. Por otro lado, cuando las grietas son de un tamaño tal que permiten la infiltración de humedad en la estructura, estas pueden

derivar en un deterioro del refuerzo y un debilitamiento general de los elementos estructurales, Pfeiffer y Darwin (1987).

Las juntas de contracción consisten en planos débiles que determinan en qué lugar específico se formarán las grietas propias de los esfuerzos inducidos por la temperatura y/o humedad. Estos planos se definen con secciones transversales de concreto de dimensiones y refuerzo menores a los del elemento en general. El resultado deseado de una junta de contracción es la separación (inmediata o después del tiempo) de un elemento original en dos o más elementos independientes. Cuando no hay independencia, a causa de una separación incompleta, pueden permanecer esfuerzos cortantes debido al traslape de agregados. La sección transversal de la junta de contracción debe ser por lo menos 25 % menor para asegurar que habrá un debilitamiento suficiente para formar grietas, Comité ACI 350R (1983).

Figura 10. **Junta de contracción parcial, aserrada**



Fuente: Fintel. (1974). *Handbook of concrete engineering*, p. 133.

Las juntas de contracción pueden ser completas o parciales. Las juntas completas son preferibles para la mayoría de las edificaciones, en estas el refuerzo se interrumpe aproximadamente a 5 cm (2 pulg) de la junta y se aplica algún tipo de sellador de juntas en el espacio interrumpido. En las juntas parciales, permanece una sección de concreto menor a la original y una porción del refuerzo pasa a través de la junta. Para Wood (1981), en cualquiera de los casos, las juntas de contracción y expansión deben atravesar completamente las

estructuras o los elementos estructurales en cualquiera de los planos y también si son varias, deben de estar alineadas, pues el movimiento puede ocasionar fracturas en lugares no deseados si no lo están, Pfeiffer y Darwin, (1987).

La junta debe situarse de tal forma que no se puedan desarrollar fuerzas de tracción axial ni tracción por flexión en ella después de la fisuración (una condición denominada discontinuidad en flexión). Se debe prever también que la fisuración aleatoria debida a los efectos de flujo plástico, retracción y variación de temperatura no afecte la integridad estructural, Comité ACI 318 (2019).

Cuando se decide utilizar juntas de contracción, es necesario definir un espaciamiento adecuado entre ellas. Fintel (1974), indica que no existen reglas exactas para definir el espaciamiento y que debe evaluarse detalladamente la configuración de los elementos. Sin embargo, existen algunas sugerencias para este propósito: los espaciamientos pueden ir desde pocos metros hasta veinticinco metros como máximo; en puntos en los que el espesor del elemento cambia repentinamente es prudente colocar juntas de contracción; y las juntas deben estar a por lo menos tres o cuatro y medio metros de una esquina.

Por su parte, el Comité ACI 318 (2019) establece que el número y localización de las juntas de contracción o dilatación deben determinarse teniendo en cuenta:

- Influencia de las condiciones climáticas.
- Selección y dosificación de materiales.
- Mezclado, colocación y curado del concreto.
- Grado de restricción al movimiento.
- Esfuerzos debidos a las cargas a las cuales está sometido el elemento.

- Técnicas de construcción.

Las juntas de contracción no representan costo significativo en el proceso constructivo y pueden ser definidas por medio de listones de madera, piezas de caucho, plástico o piezas metálicas. Cuando estos elementos son retirados, queda un canal estrecho moldeado en el concreto; aunque, pueden no ser retirados, sin que representen un perjuicio a la estructura. En losas y pavimentos también se puede aserrar el concreto para definir la junta, cuando ya ha endurecido. O aún en estado plástico, puede ser definida manualmente, considerando siempre penetrar un cuarto del espesor ya que los rayados superficiales no actúan como junta de contracción, Fintel (1974).

Figura 11. **Formación de junta de contracción con sierra eléctrica**



Fuente: Brecke Mechanical Contractors. (2018). *Concrete cutting*. Consultado el 8 de diciembre de 2019. Recuperado de <https://brecke.com/excavation-services/concrete-cutting/>.

Según el Comité ACI 318SI-2014 (2014):

Deben proporcionarse juntas de contracción o dilatación para dividir los miembros de concreto simple estructural en elementos discontinuos en flexión. El tamaño de cada elemento debe escogerse para limitar el

esfuerzo causado por la restricción de los movimientos debidos a los efectos de flujo plástico, retracción y variación de temperatura.

En las construcciones de concreto simple, las juntas constituyen una consideración de diseño importante. En el concreto reforzado, se proporciona refuerzo para resistir los esfuerzos debidos a la restricción del flujo plástico, la retracción y variación de temperatura. En el concreto simple, las juntas son el único medio de diseño para controlar y con esto aliviar el desarrollo de dichos esfuerzos de tracción. Un miembro de concreto simple, por lo tanto, debe ser lo suficientemente pequeño, o debe estar dividido en elementos menores por medio de juntas para controlar el desarrollo de esfuerzos internos.

2.2. Juntas de aislamiento o expansión

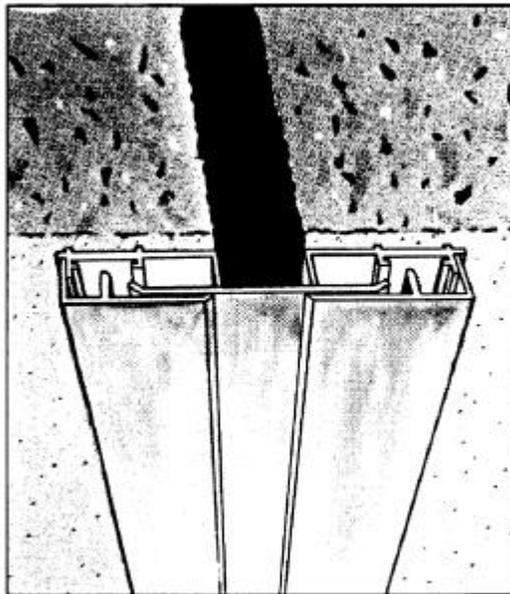
Las estructuras están sujetas a movimientos de todo tipo, y a cambios en sus dimensiones dada la naturaleza de los materiales de construcción. Los cambios de dimensiones pueden ocurrir por causa de cargas o temperatura; y los desplazamientos pueden deberse a asentamientos diferenciales o debido a cargas sísmicas, de viento, etc. Cuando una estructura está restringida, estos movimientos y cambios de volumen pueden ocasionar esfuerzos indeseados, Fintel (1974).

Los cambios volumétricos de las estructuras son directamente proporcionales a los cambios de temperatura. Además, cuanto más grande sea una edificación, mayores serán los esfuerzos inducidos. Las variables que determinan la magnitud de los cambios volumétricos inducidos por temperatura son diversas. La cantidad de refuerzo, por ejemplo, limita el movimiento y el agrietamiento en el concreto; las restricciones de las cimentaciones limitan el movimiento de los primeros pisos (mas no el de los superiores) y la geometría

de la estructura puede ser susceptible a las concentraciones esfuerzos. También el tipo de agregados, cemento, proporciones en la mezcla, humedad, secuencia de construcción, proceso de curado, condiciones de climatización etc. son factores determinantes. Para dar espacio a la ocurrencia de cambios por todas las variables anteriores, se consideran las juntas de expansión.

Una junta de expansión es una separación entre partes adyacentes de una estructura de concreto, usualmente formando un plano vertical, en una ubicación definida en el diseño, de tal modo que interfiera al mínimo con el comportamiento de la estructura, y al mismo tiempo permita movimientos relativos en tres direcciones y evite la formación de fisuras en sitios indeseados. En ella se interrumpe parte o la totalidad del refuerzo, Comité ACI 318 (2019).

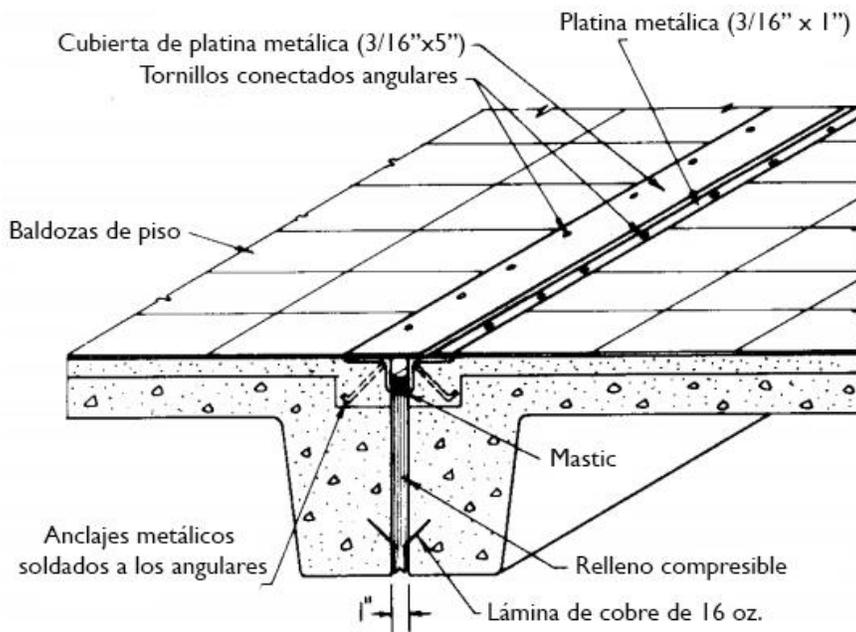
Figura 12. **Junta de expansión**



Fuente: ACI 224.3R. (2001). *Juntas en la construcción con concreto*. p. 11.

Las juntas de expansión son utilizadas principalmente para permitir la expansión térmica, pero también pueden prevenir agrietamientos por contracción. Este tipo de juntas permite separar los edificios en segmentos capaces de expandirse o contraerse sin que esto sea una amenaza a la integridad estructural. Regularmente se utilizan juntas de expansión para aislar muros no portantes de losas, columnas de pisos, losas y vigas de estribos (en puentes), o en cualquier otra ubicación que pueda ser susceptible a esfuerzos no deseados. Muchos diseñadores consideran buena práctica colocar juntas de expansión en donde los muros cambian de dirección, en forma de L, T y U. En estructuras de ladrillo, roca y acero estructural, no deben omitirse las juntas de expansión, pero es importante que no sean introducidas en la estructura a menos que hayan sido apropiadamente planificadas, Fintel (1974).

Figura 13. **Detalle de junta de expansión**



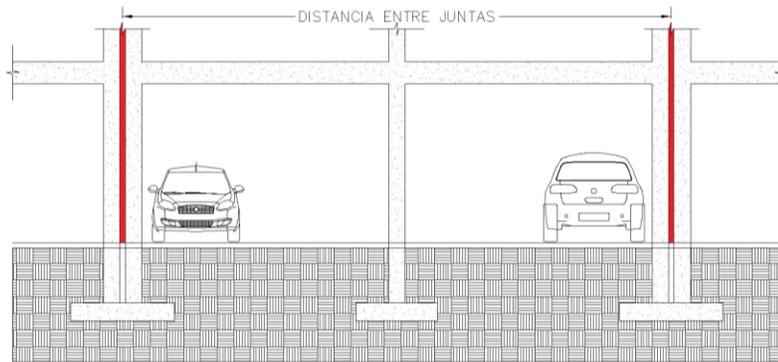
Fuente: Fintel. (1974). *Handbook of concrete engineering*, p. 133.

Por otro lado, solo deben hacerse en los puntos en los que sean necesarias ya el exceso de ellas puede afectar la estética de la edificación. Las juntas de expansión se diseñan para permitir movimientos independientes entre estructuras adyacentes y deben localizarse de modo que:

- Actúan como disipadores de los esfuerzos.
- El concreto entre juntas no llegue a tener esfuerzos substanciales por cambios volumétricos.
- Otros elementos soportados por el concreto, como acabados exteriores, marcos de ventanas y puertas, etc. no deben ser susceptibles a daños a causa de los movimientos.
- La forma, tamaño y tipo de junta deben funcionar correctamente para cualquier condición de movimiento.

El espaciamiento de las juntas de expansión en los edificios es un punto de controversia; pueden llegar a recomendarse distancias tan cortas como nueve metros, mientras que de forma más conservadora incluso puede llegarse a cuarenta y cinco o sesenta metros para estructuras de concreto. El Comité ACI 224 (1995), indica que, para regiones con grandes rangos de temperatura, las juntas deben ubicarse a cada sesenta metros, mientras que en climas más templados pueden estar a noventa metros. Algunos expertos incluso sugieren que es innecesaria la utilización de juntas de expansión, ya que, al establecer juntas de contracción en la edificación, el espacio dejado por ellas es suficiente para cubrir los cambios volumétricos que se presenten sin que se alcancen esfuerzos significativos en la estructura, Fintel (1974).

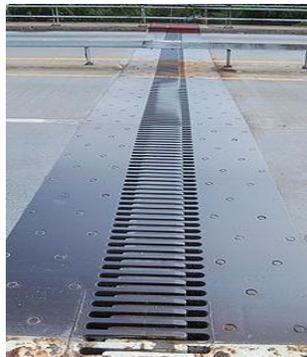
Figura 14. **Espaciamiento de las juntas de expansión**



Fuente: elaboración propia, realizado con Autodesk AutoCAD Civil 3D 2018.

Las juntas de expansión deben extenderse a través de los cimientos corridos; las zapatas, por su parte, no necesitan ser separadas a menos que las columnas sean cortas y rígidas. No debe pasar ningún refuerzo a través de las juntas y este debe terminar cinco centímetros antes de la interrupción del concreto. Pueden utilizarse pasadores tan solo para mantener la uniformidad de los planos, Fintel (1974).

Figura 15. **Junta de expansión en un puente**



Fuente: Wade. (2009). *Junta de expansión en un puente*. Consultado 3 de diciembre de 2019.

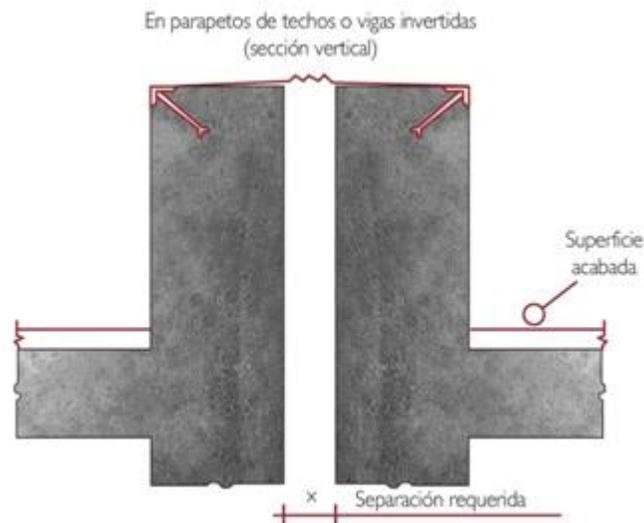
Recuperado de https://en.wikipedia.org/wiki/Expansion_joint#/media/File:Bridge_ExpansionJoint.jpg.

2.2.1. Juntas de separación sísmica

Las juntas de separación sísmica son espaciamentos entre estructuras o segmentos de una edificación que buscan la independencia del movimiento entre ellas ante las sollicitaciones sísmicas. Aunque estas pueden compartir cimentaciones, deben separarse desde el nivel de sobrecimiento para que actúen independientemente, Argueta (2014). Mantienen el mismo principio que las juntas de expansión (proveer de espacio libre para cambios volumétricos y movimientos de la estructura), pero tienen mayores dimensiones ya que los movimientos provocados por un evento sísmico ocasionan mayores deformaciones que la temperatura. Para evitar el contacto de las estructuras adyacentes, su amplitud tiene que ser igual a la suma de las deflexiones totales de cada nivel involucrado desde la base de cada uno de los edificios, y no menos de dos centímetros y medio en los primeros seis metros desde el nivel del suelo, más un centímetro por cada tres metros adicionales. Para determinar las deflexiones totales se sumarán las derivas de los pisos con la deflexión de las columnas en el nivel en cuestión, Fintel (1974).

Las juntas de separación sísmica son utilizadas para separar segmentos de estructuras con masas y rigideces desiguales. Los edificios con muros de corte, al ser más rígidos, necesitan solo una junta sísmica, al medio de la estructura, ya que las oscilaciones por un sismo son menores que en los edificios de pórticos. Las juntas sísmicas deben de ser impermeables y ser arquitectónicamente aceptables. Cualquier tipo de acabado sobre las juntas sísmicas debe ser capaz de permitir el doble de apertura de la junta, Fintel (2019).

Figura 16. **Juntas de expansión y separación sísmica**



Fuente: Concremax S.A (s.f). *Junta de separación sísmica*. Consulta: 28 de noviembre de 2019.
Recuperado de www.concremax.com.pe/noticia/juntas-separacion.

2.3. Juntas de construcción

Las juntas de construcción son los puntos de parada de la jornada de trabajo de un día. Estas juntas son prácticamente inevitables, a excepción de las estructuras de dimensiones pequeñas. Pueden ser horizontales o verticales, dependiendo del elemento en el que se encuentren.

A diferencia de las juntas frías, que se trata de juntas no previstas en la planificación de la obra debido a interrupciones involuntarias, las juntas de se hacen intencionalmente, pero con una previa planificación, de acuerdo con la programación de vaciado que se tenga, Yepes (2014).

Para continuar la operación de fundición, se debe garantizar que la superficie ya colocada está limpia de polvo y suciedad y libre de resaltos y

depressiones producidas por los agregados. Se recomienda hacer énfasis en la consolidación y el curado de la nueva capa de concreto. Debe evitarse al máximo la filtración de *grout* por debajo del encofrado. Si esto sucede, el *grout* filtrado debe retirarse antes de continuar la colocación del concreto, para evitar que esto llegue a debilitar la estructura. Para lograr la estanqueidad deben utilizarse sellos plásticos o de caucho. Para Pfeiffer y Darwin (1987), es importante que, a pesar de existir interrupción en el concreto, la armadura permanezca continua, pero si se presentara incertidumbre acerca de la calidad de la unión entre las dos colocaciones diferentes de concreto, se pueden colocar pasadores para complementar el refuerzo, Fintel (1974).

El concreto endurecido debe ser humedecido durante el tiempo que pase hasta la siguiente colocación de concreto. Si el concreto ya ha secado, será necesario saturarlo por un día o más. No debe haber agua empozada en el concreto endurecido al momento de colocar la nueva capa, Comité ACI 318 (2019).

Cuando los procedimientos de colocación del concreto son adecuados, la unión entre el concreto nuevo y el viejo, sumado al efecto enlazante del refuerzo deben ser suficientes para garantizar una resistencia al corte equivalente a la que se obtendría de una muestra de concreto monolítica, Fintel (1974).

Otras recomendaciones para establecer juntas de construcción son:

- Para vigas y losas:
 - Evitar dejar juntas de construcción en vigas y losas, cuando sea completamente inevitable, ubicarlas en los puntos de menor cortante del elemento y en un plano normal al refuerzo, Fintel (1974).

- En interfaces muro losa o viga-columna, la junta debe situarse en el punto inferior del elemento horizontal o algunos centímetros debajo de él.
- Para muros:
 - En muros y columnas, las juntas horizontales pueden realizarse manualmente, colocando un indicador dentro de la formaleta, el cual marcará el nivel del vaciado del concreto. Al consolidarse el concreto y previo a que endurezca, se retira el indicador y se reparan las irregularidades de la superficie.
 - En muros y columnas no es recomendable acondicionar la superficie de la junta con agua a presión o con chorro de arena, lo más apropiado es colocar concreto hasta dos y medio o cinco centímetros sobre el nivel deseado, luego remover el exceso justo antes del fraguado inicial y de ser posible, dar un “acabado” de cepillado.
 - En muros, no es recomendable trabajar una cantidad lineal que exceda los doce metros en una sola operación de vaciado, y en elementos verticales, no es posible avanzar a alturas mayores de un nivel por vez, por lo que es inevitable dejar una junta de construcción.
 - En muros expuestos a la vista deben ubicarse las juntas en las texturas de la ornamentación, en alféizares, acabados rústicos o cualquier otro detalle arquitectónico, de modo que no sea evidente su presencia. Cuando las juntas son horizontales es recomendable ubicarlas al nivel del piso o al nivel de los sillares.

- Estructuras hidráulicas:
 - En estructuras hidráulicas las juntas deben espaciarse en intervalos más cortos que en otras estructuras, para reducir los esfuerzos provocados por la contracción, Fintel (1974).

- Generales:
 - En todo momento debe procurarse afectar al mínimo la integridad estructural de la estructura y tener concordancia con el aspecto del edificio, Comité ACI 224, (1995).
 - No ubicar las juntas verticales cerca de las esquinas de la estructura, hacerlo por lo menos a 3 metros de distancia de estas.

2.4. Juntas frías

Una junta fría en el concreto es un plano débil causado por la interrupción del suministro de mezcla en el vaciado, Botía, Prada y Ramos (2016). Son un fenómeno frecuente en los proyectos de construcción ya que son múltiples las variables que determinan el avance de las actividades. De acuerdo con Rathi y Kolase (2013), algunas de las causas más comunes para la formación de juntas frías son las siguientes:

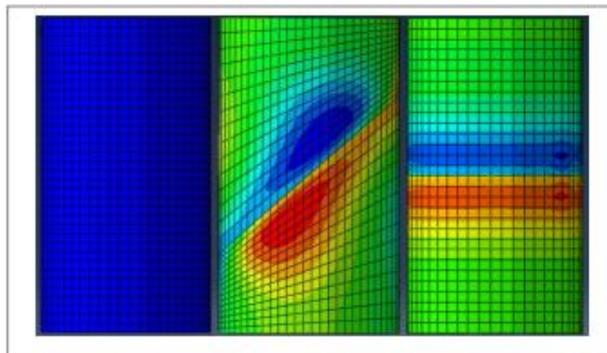
- Retraso en la fundición o el mezclado.
- Retraso en el transporte del concreto desde la planta de producción.
- La interrupción repentina de actividades en las jornadas de trabajo.
- Falta de materiales para la fabricación del concreto.

El plano debilitado que queda como resultado, reduce la continuidad estructural, y dependiendo de las características del entorno de la junta, podría provocar zonas permeables. La disminución de la resistencia máxima del sistema

depende de factores como la inclinación de la junta fría, tiempo de formación de la junta fría y relación de la junta fría con la dirección del estado de esfuerzos, según Rathi y Kolase, (2013).

Para evitar la formación de juntas frías, debe reanudarse la fundición de concreto con un tiempo considerablemente menor al de fraguado inicial. El concreto colocado inicialmente puede ser vibrado para mantener la plasticidad, pero esto implica el riesgo de exceder en el vibrado, resultando en segregación. Además, de optar por este recurso, tampoco se puede vibrar más allá del tiempo de fraguado inicial, Rathi y Kolase, (2013).

Figura 17. **Concentración de esfuerzos en cilindros (de izquierda a derecha) monolítico, con junta fría diagonal y con junta fría horizontal**

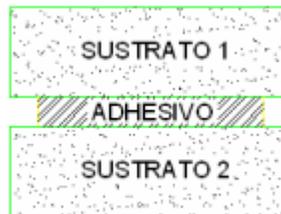


Fuente: Botía et al. (2016), *Comportamiento mecánico de juntas frías lisas de concreto*. p. 158.

2.4.1. Tratamiento de las juntas frías

Cuando el concreto ya ha fraguado es inevitable la existencia de la junta fría. Para disminuir el efecto de la discontinuidad de la estructura y mejorar la impermeabilidad en el plano, se realizan tratamientos con diferentes tipos de materiales. Pueden utilizarse lechadas de cemento y resinas sintéticas y emulsiones de látex, Branco, Días y Santos (2005).

Figura 18. Esquema básico de unión adhesiva



Fuente: Archila. (2007). *Evaluación sobre adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo con dos tipos de epóxicos*. p. 7.

Para el tratamiento con lechada de cemento, la superficie de concreto ya fraguada debe de ser rugosa, preferiblemente con los agregados expuestos. Según Rego (1989), para este propósito se debe atender a los siguientes puntos:

- Abrir los poros obturados por la lechada durante el proceso de fraguado.
- Proporcionar una textura a la superficie que ayude a controlar la tendencia al deslizamiento y a los movimientos diferenciales.
- Evitar la pérdida de agua del concreto nuevo en la zona de contacto.

La superficie de concreto viejo también debe estar saturada y superficialmente seca, de lo contrario se presentará un fuerte incremento en la

contracción plástica y se romperían los cristales de anclaje. Debe procurarse un curado adecuado y una temperatura estable en ambas capas de concreto para evitar deformaciones diferenciales, Rego (1989).

Cuando el tratamiento se realiza con resinas sintéticas, se puede elegir entre resinas epóxicas y resinas emulsionadas. Las resinas emulsionadas son también llamadas pegamentos blancos, están formadas por acetatos, minerales acrílicos y materiales vinílicos. Su capacidad de transmitir esfuerzos es baja por lo que se utilizan para adherir capas de concreto con bajos esfuerzos, lechadas y morteros, Rego (1989).

Las resinas epóxicas suelen ser bicomponentes, resina y activador. En la actualidad, sin embargo, pueden encontrarse en el mercado epóxicos monocomponentes. La principal ventaja de los bicomponentes es su reactividad al momento de ser mezclados; la desventaja es que una vez se ha iniciado la polimerización, deben ser utilizados inmediatamente. Los epóxicos monocomponentes tienen la ventaja de no necesitar mezclado alguno, pero su endurecimiento sucede solamente en rangos de temperatura por sobre los 0 °C; cuanto mayor sea la temperatura, mejor será el resultado de su aplicación, Archila (2007). La transmisión de esfuerzos con estos materiales se realiza por la adherencia que se desarrolla en la superficie. Una gran ventaja de las resinas epóxicas es que reducen significativamente la permeabilidad. La resina reduce los cambios volumétricos tempranos y actúa como pegamento entre el concreto nuevo y el concreto viejo, Rego (1989).

Figura 19. **Aplicación de resina epóxica a una muestra de concreto**



Fuente: Santos et al (1989). *Concrete-to-concrete bond strength: Influence of an epoxy-based bonding agent on a roughened substrate surface*. p. 466.

2.5. Sellado de las juntas frías

En cualquier tipo de junta es necesario sellar apropiadamente el espacio vacío para mantener la protección a la estructura y a los ambientes interiores. Los requisitos para un sellante de juntas son: tener un alto grado de impermeabilidad, ser capaz de deformarse y conservar la elasticidad para tolerar los movimientos de las estructuras, no fluir, no hacerse frágil con la temperatura, soportar las condiciones del medio ambiente. Tradicionalmente se utilizaban materiales bituminosos, asfálticos y metálicos para sellar las juntas, pero en años recientes ha aumentado la utilización de materiales elastómeros. Estos tienen la ventaja de tener alta elasticidad. Pueden estar previamente moldeados o ser moldeados en el sitio de aplicación, por ejemplo, los compuestos de caucho, los sellantes a base de poliuretano y algunos epóxicos especialmente formulados para sellar juntas.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Campaña experimental

La campaña experimental para este trabajo de investigación consiste en ensayar cilindros de concreto según la norma NTG 41017-h1 (Método de ensayo, determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto) cuya característica principal, para esta investigación, es no ser monolíticas. Dichos cilindros estarán fabricados de modo que tengan una interfaz de discontinuidad (junta fría), que atraviese la totalidad del cilindro de forma transversal y justo por el medio. Las dos capas de concreto que conformarán cada uno de los cilindros, estarán colocadas en lapsos diferentes (tiempos de formación de junta) que serán de una, dos, cuatro, veinticuatro horas; estos serán comparados posteriormente con cilindros monolíticos (muestras patrón). Se ensayarán los cilindros en edades de tres, siete y veintiocho días para determinar la evolución de la resistencia a compresión. Los valores que arrojen los ensayos servirán para correlacionar las variables de tiempo de formación de junta, edad del concreto y resistencia del concreto.

La junta fría de los cilindros deberá permanecer sin ningún tipo de tratamiento, texturizado intencional o aplicación de productos epóxicos, emulsiones, lechadas o adhesivos de cualquier tipo; simulando el caso más desfavorable que se puede presentar. Se trabajará con cilindros de concreto de seis pulgadas de diámetro por doce pulgadas de altura, ateniendo al inciso 26.12.1.1 de los Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural del año 2014, el cual indica que:

Un ensayo de resistencia es válido siempre que se promedien las resistencias de al menos dos cilindros individuales de 6 por 12 pulgadas o de al menos tres cilindros de 4 por 8 pulgadas.

Previo a la fabricación de los cilindros se harán ensayos a los agregados, los cuales permitirán mantener control sobre la calidad de los materiales utilizados y a la vez proporcionarán la información necesaria para diseñar la mezcla de concreto a utilizar.

3.2. Definición de las variables

- Tiempo de formación de la junta (variable independiente): se refiere al tiempo que pasa entre la hidratación del cemento de dos mezclas de concreto diferentes.
 - Tiempo de formación de junta no. 1: 1 hora.
 - Tiempo de formación de junta no. 2: 2 horas.
 - Tiempo de formación de junta no. 3: 4 horas.
 - Tiempo de formación de junta no. 4: 24 horas.

- Edad (variable moderadora): para este experimento se entenderá como el tiempo en días que transcurre entre la fabricación del concreto de la segunda mitad de una probeta cilíndrica y su ensayo a compresión. Las edades a las que se realizarán los ensayos a compresión son:
 - 3 días.
 - 7 días .
 - 28 días.

- Resistencia a compresión (variable dependiente): es el esfuerzo que la probeta cilíndrica de concreto puede soportar a una edad determinada.

3.2.1. Medición de las variables

- Tiempo de formación de la junta: el tiempo de formación de la junta se mide con cronómetro.
- Edad: se mide en días para edades de tres o más días; para menos de tres días se registra la edad en horas. De acuerdo con la norma NTG-41017 h1 las tolerancias para ensayar a una determinada edad son las siguientes:

Tabla V. **Edades de ensayo y tolerancias admisibles**

Edad de ensayo	Tolerancia admisible
3 días	± 2 horas
7 días	± 6 horas
28 días	± 20 horas

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas (2014). NTG 41017 h1.

- Resistencia a compresión: la resistencia a la compresión es una variable medida de forma indirecta, a través de la obtención directa de la carga aplicada sobre un cilindro con área transversal conocida. Tanto el área como la carga se utilizan en la ecuación de esfuerzo:

$$\sigma = P/A$$

Donde:

- σ : esfuerzo normal
- P: carga normal a la superficie
- A: área de la sección transversal del prisma sometido a una determinada carga.

3.3. Ensayos realizados y equipo utilizado

- Graduación o granulometría del agregado fino. NTG 41010-h1:

Equipo:

- Balanza legible a 0.1 g.
- Tamices de malla metálica montada en un marco sólido y hermético.
- Agitador mecánico de tamices.
- Horno capaz de mantener temperatura constante de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Figura 20. **Agitador mecánico de tamices del Centro de Investigaciones de Ingeniería**



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Figura 21. **Horno del Centro de Investigaciones de Ingeniería**



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

- Determinación por lavado del material que pasa por el tamiz 75 μm (No. 200) en agregados minerales. NTG 41010-h3:
 - Equipo:
 - Balanza legible a 0.1 g.
 - Juego de dos tamices, uno inferior de 0.075 mm (No. 200) y otro de 1.18 mm (No. 16)
 - Horno capaz de mantener temperatura constante de 110 $^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
 - Contenedor de agua, cualquier recipiente cuya capacidad cubra el espécimen.
 - Agente humectante, cualquier agente dispersante como detergente líquido.

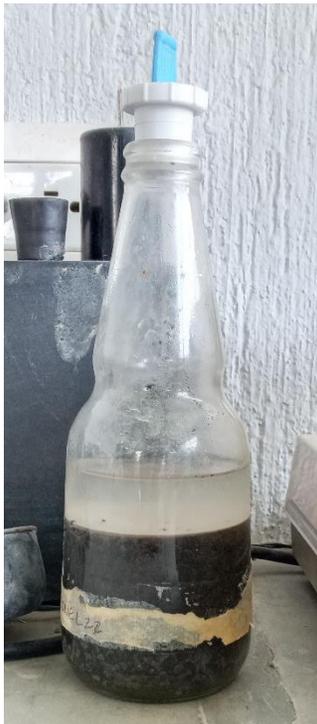
Figura 22. **Tamiz redondo de malla de 75 micrones**



Fuente: Xmdsieve. (2021) *Tamiz redondo normado*. Consultado el 15 de julio de 2021.
Recuperado de <https://www.xmdsieve.com/stainless-steel-test-sieve/57116464.html>.

- Determinación de materia orgánica en los agregados finos para concreto.
NTG 41010-h:
 - Equipo
 - Botellas de vidrio con capacidad nominal de 240-470 ml (8 a 16 Onz.), con tapones herméticos.
 - Vidrios de colores estándar Gardner
 - Solución de Hidróxido de Sodio reactivo.

Figura 23. **Ensayo de determinación de materia orgánica en el agregado fino utilizado para el experimento**



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

- Determinación de la densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado fino y grueso. NTG 41010 h8 y NTG 41010 h9:
 - Equipo:
 - Balanza legible a 0.1 g.
 - Horno capaz de mantener temperatura constante de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - Contenedor de la muestra: una canasta de malla de alambre de 3.35 mm (No. 6) o una cubeta de aproximadamente igual capacidad.

- Tanque de agua: en donde se coloca el contenedor de la muestra.
- Picnómetro (para A.F)
- Matraz (para A.F)
- Molde y apisonador para el ensayo de humedad superficial.

Figura 24. **Inmersión del agregado grueso para la determinación de la masa del cuerpo sumergido**



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

- Determinación de la densidad aparente (masa unitaria) e índice de vacíos en los agregados. NTG 41010-h2:
 - Equipo:
 - Balanza legible a 0.05 kg.
 - Varilla de apisonado de punta semiesférica.
 - Recipiente cilíndrico metálico, preferiblemente con agarraderos, con altura igual a su diámetro.

Figura 25. **Material y equipo utilizados para la determinación de masa unitaria del agregado fino**



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

- Práctica para la elaboración y curado de especímenes de ensayo de concreto en el laboratorio. NTG 41060:
 - Equipo:
 - Moldes cilíndricos de acero de diámetro 6" y altura 12".
 - Varilla compactadora con extremo semiesférico.
 - Mazo con cabeza de hule para golpear los moldes cilíndricos.
 - Mezcladora de concreto motorizada.

Figura 26. **Mezcladora de concreto del Centro de Investigaciones de Ingeniería**



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Figura 27. **Moldes metálicos de 6” de diámetro x 12” de altura para la elaboración de probetas de concreto**



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

- Determinación del asentamiento del concreto hidráulico. NTG 41017-h4:
 - Equipo:
 - Molde de concreto con forma de cono truncado de dimensiones normadas y base metálica.
 - Varilla apisonadora de dimensiones normadas con punta semiesférica del mismo diámetro de la varilla.
 - Flexómetro.
 - Cucharón para recoger el concreto y llenar el molde.

Figura 28. **Determinación del asentamiento del concreto recién mezclado**



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

- Medición de temperatura del concreto recién mezclado. NTG 41053:
 - Equipo:
 - Recipiente para colocar el concreto recién mezclado (una carretilla para este caso).
 - Dispositivo medidor de temperatura capaz de registrar hasta una aproximación de ± 0.5 °C dentro de un rango de 0 °C a 50 °C.

Figura 29. **Medición de la temperatura del concreto recién mezclado**



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

3.4. Materiales utilizados

La batería de experimentos requirió la utilización tanto de materiales pétreos, cemento, e instrumentos de laboratorio adecuadamente normados.

3.4.1. Agregado fino:

Para la campaña experimenta del presente trabajo de graduación se utilizó material árido triturado extraído de Palín, Escuintla con las siguientes características físicas:

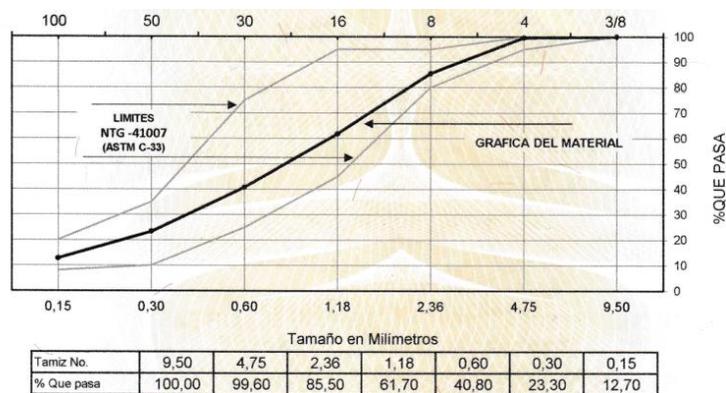
Tabla VI. **Características físicas del agregado fino**

Características físicas del agregado fino		
Características	Magnitud	Unidad
Densidad relativa (sss)	2.68	
Densidad (sss)	2,670	Kg/m3
Masa unitaria, compactada	1,750	Kg/m3
Masa unitaria, suelta	1,650	Kg/m3
Porcentaje de vacíos, compactado	35	%
Características físicas del agregado fino		
Características	Magnitud	Unidad
Porcentaje de vacíos, suelto	38	%
Porcentaje de absorción	0.3	%
Contenido de materia orgánica	1	
Pasa tamiz #200	2.7	%
Retenido tamiz 6,35	0	%
Módulo de finura	2.76	

Fuente: CII. (2020). Informe de análisis completo de agregado fino para concreto No. 18184.

Y la siguiente graduación:

Figura 30. **Curva granulométrica del agregado fino**



Fuente: CII. (2020). Informe de análisis completo de agregado fino para concreto No. 18184.

3.4.2. Agregado grueso

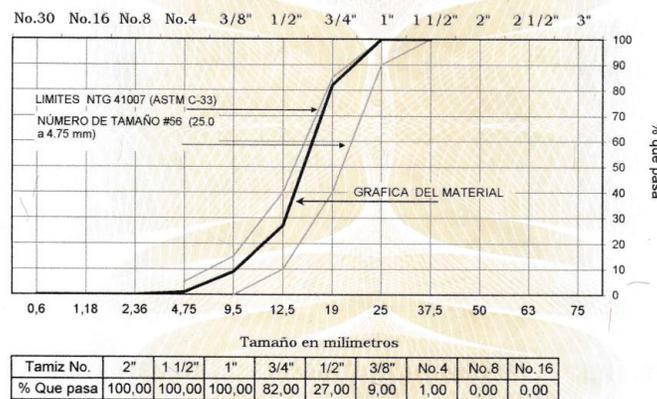
- Triturado en Palín, Escuintla. Tamaño 3/4" de origen basáltico con las siguientes características físicas:

Tabla VII. Características físicas del agregado grueso

Características físicas del agregado		
Características	Magnitud	Unidad
Densidad relativa (sss)	2.65	
Densidad (sss)	2,640	Kg/m ³
Masa unitaria, compactada	1,500	Kg/m ³
Masa unitaria, suelta	1,420	Kg/m ³
Porcentaje de vacíos, compactado	43	%

Fuente: CII. (2020). Informe de análisis completo de agregado fino para concreto No. 18185.

Figura 31. Curva granulométrica del agregado grueso



Fuente: CII. (2020). Informe de análisis completo de agregado fino para concreto No. 18185.

- Cemento: se utilizó cemento para uso general en la construcción (cemento tipo 1 PM), con una resistencia especificada a los 28 días de 4,060 PSI.

Figura 32. **Agregado grueso, agregado fino y cemento pesados para una mezcla de concreto**



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

3.4.3. **Diseño de mezcla**

Se diseñó la mezcla de concreto de la campaña experimental de acuerdo con Escribá Flores (2018). Se utilizaron los siguientes datos de entrada:

Tabla VIII. **Datos de entrada en hoja de cálculo de diseño de mezcla de concreto**

Datos iniciales		
f'c	280.00	kg/cm ²
Tamaño agregado grueso	3/4"	
Peso unitario concreto	2,300	kg/m ³
¿Agregados triturados?	Sí	
Elemento a construir	Columnas	
Asentamiento max. sugerido	10	cm
Asentamiento elegido	8 a 10	cm
P.U arena	1,650,00	kg/m ³
P.U pedrín	1,420,00	kg/m ³

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Tabla IX. **Datos de salida en hoja de cálculo de diseño de mezcla de concreto**

Para un metro cúbico de concreto		
Proporción unitaria		
Agua	204.00	kg o l
Cemento	357.32	kg
Arena	785.26	kg
Piedrín de: 3/4"	999.42	kg
Proporción volumétrica		
Cemento	1.00	
Arena	2.20	
Piedrín de: 3/4"	2.80	
Agua	0.57	
1.00 : 2.20 : 2.80 : 0.57		
C : AF : AG : AGUA		

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Tabla X. **Peso de los materiales por cada bachada de concreto**

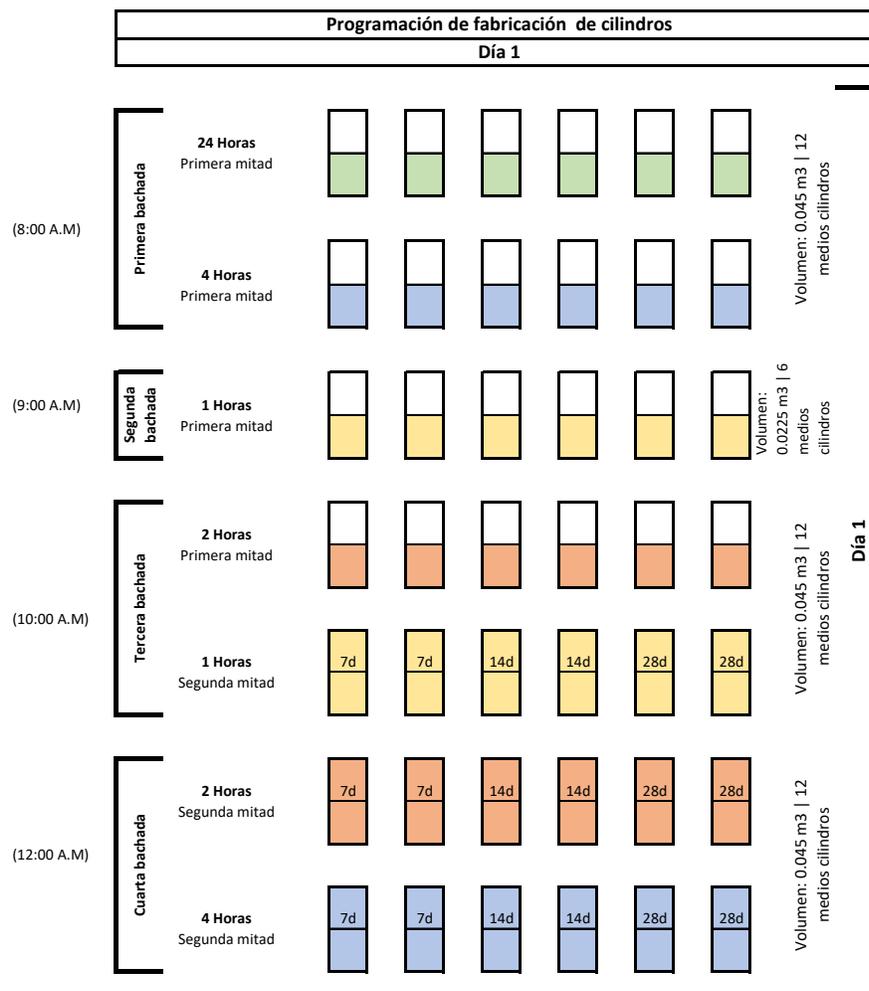
				Volumen [m3]	Cantidad cilindros	Cemento [kg]	Arena [kg]	Piedrín [kg]	Agua [l]
Día 1 (Lunes 7 de Junio)	Primera Bachada	24 horas	4 horas	0.045	12 mitades	16.07	35.33	44.96	9.18
	Segunda Bachada	1 hora		0.0225	6 mitades	8.03	17.66	22.48	4.59
	Tercera Bachada	2 horas	1 hora	0.045	12 mitades	16.07	35.33	44.96	9.18
	Cuarta Bachada	2 horas	4 horas	0.045	12 mitades	16.07	35.33	44.96	9.18
Día 2 (Martes 8 de Junio)	Quinta Bachada	24 horas		0.0225	6 mitades	8.03	17.66	22.48	4.59
	Sexta Bachada	Patrón	Patrón	0.045	6 completos	16.07	35.33	44.96	9.18

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

3.4.4. Programa de elaboración de mezclas y cilindros de concreto

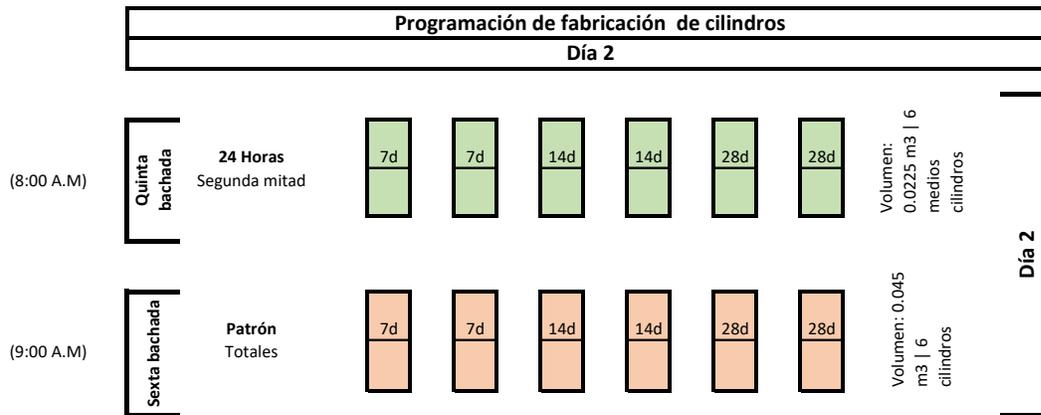
Previo a la ejecución de los ensayos de la campaña experimental se determinó proceder de acuerdo con lo establecido en los siguientes esquemas:

Figura 33. Programación cantidades de concreto a colocar en determinada hora del primer día



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Figura 34. Programación cantidades de concreto a colocar en colocar en determinada hora del segundo día



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

3.5. Instrumentos de recolección de datos

- Fichas técnicas proporcionadas por el Centro de Investigaciones de Ingeniería.
- Fichas técnicas de elaboración propia para toma de datos en el laboratorio.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Resultados de los ensayos a compresión de los cilindros de concreto

La batería de ensayos realizada en el Centro de Investigaciones de Ingeniería arrojó los siguientes resultados en los ensayos a compresión realizados en edades de 3, 7 y 28 días, para cada tiempo de formación de junta diferente.

Tabla XI. Información de laboratorio de los cilindros patrón

Patrón						
No. cilindro obra	No. Cilindro laboratorio	Fecha de elaboración	Fecha de ruptura	Edad en días	Peso en Kg	Diámetro en mm
1	08-06	08/06/21	11/06/21	3	13.120	152.25
2	09-06	08/06/21	11/06/21		13.080	151.75
3	20-06	08/06/21	15/06/21	7	13.100	152.75
4	21-06	08/06/21	15/06/21		13.055	152.25
5	09-07	08/06/21	06/07/21	28	13.285	152.25
6	10-07	08/06/21	06/07/21		13.080	152.25
Patrón						
No. cilindro obra	Altura en mm	Carga en lb	Resistencia en Mpa	Resistencia en lb/plg ²	Tipo de fractura	Resistencia promedio en lb/plg ²
1	304	42,500.00	10.4	1,510.00	6	1,515.00
2	304	42,500.00	10.5	1,520.00	6	
3	302	67,000.00	16.3	2,370.00	2	2,215.00
4	303	58,000.00	14.2	2,060.00	2	
5	305	93,000.00	22.7	3,290.00	2	3,450.00
6	303	102,000.00	24.9	3,610.00	2	

Fuente: CII. (2021). Informe de ensayo a compresión para cilindros de concreto Norma NTG –

41017 h1 (ASTM C-39) No. 18338, realizado con Microsoft Excel 2019.

Tabla XII. Informe de laboratorio de los cilindros con tiempo de formación de junta de 24 horas

24 horas						
No. cilindro obra	No. Cilindro laboratorio	Fecha de elaboración	Fecha de ruptura	Edad en días	Peso en Kg	Diámetro en mm
1	10-06	08/06/21	11/06/21	3	13.200	152.25
2	11-06	08/06/21	11/06/21		13.150	152.00
3	18-06	08/06/21	15/06/21	7	13.285	152.00
4	19-06	08/06/21	15/06/21		13.145	152.25
5	07-07	08/06/21	06/07/21	28	13.175	152.75
6	08-07	08/06/21	06/07/21		13.130	151.75
24 horas						
No. cilindro obra	Altura en mm	Carga en lb	Resistencia en Mpa	Resistencia en lb/plg ²	Tipo de fractura	Resistencia promedio en lb/plg ²
1	305	50,000.00	12.2	1,770.00	6	1,685.00
2	305	45,000.00	11	1,600.00	6	
3	306	68,000.00	16.7	2,420.00	6	2,365.00
4	305	65,000.00	15.9	2,310.00	1	
5	305	100,000.00	24.3	3,530.00	6	3,475.00
6	304	96,000.00	23.6	3,420.00	2	

Fuente: CII. (2021). Informe de ensayo a compresión para cilindros de concreto Norma NTG – 41017 h1 (ASTM C-39) No. 18338, realizado con Microsoft Excel 2019.

Tabla XIII. Informe de laboratorio de los cilindros con tiempo de formación de junta de 4 horas

4 horas						
No. cilindro obra	No. Cilindro laboratorio	Fecha de elaboración	Fecha de ruptura	Edad en días	Peso en Kg	Diámetro en mm
1	6-06	07/6/21	10/06/21	3	13.25	152.50
2	7-06	07/06/21	10/06/21		13.18	151.75
3	16-06	07/06/21	14/06/21	7	13.29	151.25
4	17-06	07/06/21	14/06/21		13.31	151.75
5	5-07	07/06/21	05/07/21	28	13.24	151.50
6	6-07	07/06/21	05/07/21		13.32	151.00
4 horas						
No. cilindro obra	Altura en mm	Carga en lb	Resistencia en Mpa	Resistencia en lb/plg ²	Tipo de fractura	Resistencia promedio en lb/plg ²
1	305	50,000.00	12.2	1,770.00	2	1,675.00
2	304	44,500.00	11.0	1,580.00	2	
3	305	60,000.00	16.7	2,150.00	2	2,345.00
4	307	71,000.00	15.9	2,540.00	2	
5	305	96,000.00	24.3	3,440.00	3	3,375.00
6	304	96,000.00	23.6	3,420.00	2	

Fuente: CII. (2021). Informe de ensayo a compresión para cilindros de concreto Norma NTG – 41017 h1 (ASTM C-39) No. 18338, realizado con Microsoft Excel 2019.

Tabla XIV. **Informe de laboratorio de los cilindros con tiempo de formación de junta de 2 horas**

2 horas						
No. cilindro obra	No. Cilindro laboratorio	Fecha de elaboración	Fecha de ruptura	Edad en días	Peso en Kg	Diámetro en mm
1	04-06	07/06/21	10/06/21	3	13.15	152.25
2	05-06	07/06/21	10/06/21		13.21	152.25
3	14-06	07/06/21	14/06/21	7	13.17	152.00
4	15-06	07/06/21	14/06/21		13.12	152.00
5	3-07	07/06/21	05/07/21	28	13.23	151.50
6	4-07	07/06/21	05/07/21		13.21	152.00
2 horas						
No. cilindro obra	Altura en mm	Carga en lb	Resistencia en Mpa	Resistencia en lb/plg2	Tipo de fractura	Resistencia promedio en lb/plg2
1	304	44,000.00	10.8	1,570.00	4	1,690.00
2	304	51,000.00	12.5	1,810.00	2	
3	303	68,000.00	16.6	2,410.00	2	
4	302	63,000.00	15.4	2,230.00	2	
5	305	98,000.00	24.2	3,510.00	3	
6	304	95,000.00	23.3	3,380.00	3	
						3,445.00

Fuente: CII. (2021). Informe de ensayo a compresión para cilindros de concreto Norma NTG – 41017 h1 (ASTM C-39) No. 18338, realizado con Microsoft Excel 2019.

Tabla XV. **Informe de laboratorio de los cilindros con tiempo de formación de junta de 1 hora**

1 hora						
No. cilindro	No. Cilindro laboratorio	Fecha de elaboración	Fecha de ruptura	Edad en días	Peso en Kg	Diámetro en mm
1	2-06	07/06/21	10/06/21	3	13.19	152.00
2	3-06	07/06/21	10/06/21		13.19	151.50
3	12-06	07/06/21	14/06/21	7	13.18	152.00
4	13-06	07/06/21	14/06/21		13.18	151.00
5	1-07	07/06/21	05/07/21	28	13.20	151.75
6	2-07	07/06/21	05/07/21		13.21	153.00
1 hora						
No. cilindro	Altura en mm	Carga en lb	Resistencia en Mpa	Resistencia en lb/plg2	Tipo de fractura	Resistencia promedio en lb/plg2
1	304	47,500.00	11.6	1,680.00	2	1,695.00
2	304	48,000.00	11.8	1,710.00	4	
3	303	64,500.00	15.8	2,290.00	5	2,405.00
4	304	70,000.00	17.4	2,520.00	6	
5	303	100,000.00	24.6	3,570.00	6	3,495.00
6	305	97,500.00	23.6	3,420.00	2	

Fuente: CII. (2021). Informe de ensayo a compresión para cilindros de concreto Norma NTG – 41017 h1 (ASTM C-39) No. 18338, realizado con Microsoft Excel 2019.

4.2. Tablas de comparación

En la tabla XV se presenta el porcentaje de resistencia de los cilindros de cada tiempo de formación de junta, respecto al cien por ciento de la resistencia del concreto obtenido a una edad de 28 días.

$$\frac{\text{Resistencia a compresión a 3 o 7 días}}{\text{Resistencia a compresión a 28 días}} \times 100 = \% \text{ de resistencia respecto a 28 días.}$$

Tabla XVI. **Porcentaje de resistencia respecto a una edad de 28 días de los cilindros con diferente tiempo de formación de junta**

Tiempo de junta	3 días	7 días	28 días
Patrón	44 %	64 %	100 %
24 horas	48 %	68 %	100 %
4 horas	50 %	69 %	100 %
2 horas	49 %	67 %	100 %
1 hora	48 %	69 %	100 %
Rango	6 %	5 %	0 %

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Tabla XVII. **Comparación de las resistencias con cada tiempo de formación de junta respecto a las muestras patrón**

Patrón			
Edad en días	f'c [PSI]	Promedio [PSI]	Desviación estándar [PSI]
3	1,510.00	1,515.00	7.07
3	1,520.00		
7	2,370.00	2,215.00	219.20
7	2,060.00		
28	3,290.00	3,450.00	226.27
28	3,610.00		

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Tabla XVIII. Comparación de los porcentajes de resistencia con cada tiempo de formación de junta respecto a las muestras patrón

Comparación de porcentajes entre los diferentes tiempos de formación de junta y una muestra monolítica							
24 horas				4 horas			
Edad	f'c [PSI]	Media	% respecto a patrón	Edad	Resistencia a compresión [PSI]	Media	% respecto a patrón
3 días	1,770.00	1,685.00	111 %	3 días	1,770.00	1,675.00	111 %
	1,600.00				1,580.00		
7 días	2,420.00	2,365.00	107 %	7 días	2,150.00	2,345.00	106 %
	2,310.00				2,540.00		
28 días	3,530.00	3,475.00	101 %	28 días	3,440.00	3,375.00	98 %
	3,420.00				3,310.00		
2 horas				1 horas			
Edad	f'c [PSI]	Media	% respecto a patrón	Edad	Resistencia a compresión [PSI]	Media	% respecto a patrón
3 días	1,570.00	1,690.00	112 %	3 días	1,680.00	1,695.00	112 %
	1,810.00				1,710.00		
7 días	2,410.00	2,320.00	105 %	7 días	2,290.00	2,405.00	109 %
	2,230.00				2,520.00		
28 días	3,510.00	3,445.00	100 %	28 días	3,570.00	3,495.00	101 %
	3,380.00				3,420.00		

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

4.2.1. Comparación de resistencias respecto a la edad de los especímenes

Si se toman las resistencias a compresión para una edad específica como parte de una misma serie de datos, se puede realizar un análisis de dispersión para cada una de estas, teniendo al tiempo de formación de junta como variable independiente y a la resistencia a compresión como variable dependiente.

Tabla XIX. **Resumen de resistencia a compresión de cada cilindro ensayado en una edad especificada**

	Días	Resistencia a compresión [PSI]	Días	Resistencia a compresión [PSI]	Días	Resistencia a compresión [PSI]
Patrón	3	1,510.00	7	2,370.00	28	3,290.00
		1,520.00		2,060.00		3,610.00
24 horas	3	1,770.00	7	2,420.00	28	3,530.00
		1,600.00		2,310.00		3,420.00
4 horas	3	1,770.00	7	2,150.00	28	3,440.00
		1,580.00		2,540.00		3,310.00
2 horas	3	1,570.00	7	2,410.00	28	3,510.00
		1,810.00		2,230.00		3,380.00
1 hora	3	1,680.00	7	2,290.00	28	3,570.00
		1,710.00		2,520.00		3,420.00

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Y se obtiene la información de la tabla XX con las siguientes ecuaciones:

- Promedio:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Donde:

\bar{X} : Promedio

n : Cantidad de sumandos en la sumatoria.

x_i : Cada uno de los sumandos en la sumatoria.

- Desviación estándar:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Donde:

S : desviación estándar.

\bar{x} : promedio.

x_i : cada uno de los sumandos en la sumatoria.

N : cantidad de datos en la muestra.

- Coeficiente de variación:

$$CV = \frac{S}{|\bar{X}|}$$

Donde:

CV : coeficiente de variación.

S : desviación estándar.

\bar{X} : promedio.

Tabla XX. **Comparación estadística de las resistencias a cada edad**

Edad de 3 días		Edad de 7 días		Edad de 28 días	
Promedio [PSI]	1,652.00	Promedio [PSI]	2,330.00	Promedio [PSI]	3,448.00
Desviación estándar [PSI]	110.13	Desviación estándar [PSI]	154.06	Desviación estándar [PSI]	106.44
Coef. De variación	7 %	Coef. De variación	7 %	Coef. De variación	3 %

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Tabla XXI. **Promedios y desviaciones estándar del peso de cada par de cilindros ensayados**

	Edad en días		3 días	7 días	28 días
	Peso en Kg	Muestras patrón	Promedio	13.10	13.08	13.18
Desviación estándar			0.03	0.03	0.14
24 horas		Promedio	13.18	13.22	13.15
		Desviación estándar	0.04	0.10	0.03
4 horas		Promedio	13.22	13.22	13.28
		Desviación estándar	0.05	0.02	0.06
2 horas		Promedio	13.18	13.15	13.22
		Desviación estándar	0.04	0.04	0.01
1 hora		Promedio	13.20	13.18	13.21
		Desviación estándar	0.00	0.00	0.01

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Tabla XXII. **Promedios y desviaciones del diámetro de cada par de cilindros ensayados**

	Edad en días		3 días	7 días	28 días
	Diámetro en mm	Muestras patrón	Promedio	152.00	152.50	152.2
Desviación estándar			0.35	0.35	0.00
24 horas		Promedio	152.12	152.12	152.25
		Desviación estándar	0.17	0.17	0.70
4 horas		Promedio	152.12	151.50	151.25
		Desviación estándar	0.53	0.35	0.35

Continuación tabla XXII.

	2 horas	Promedio	152.25	152.00	151.75
		Desviación estándar	0.00	0.00	0.35
	1 hora	Promedio	151.75	151.50	152.37
		Desviación estándar	0.35	0.70	0.88

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Tabla XXIII. **Promedios y desviaciones estándar de la altura de cada par de cilindros ensayados**

	Edad en días		3 días	7 días	28 días
	Altura mm	Muestras patrón	Promedio	304.00	302.50	304.00
Desviación estándar			0.00	0.71	1.41
24 horas		Promedio	305.00	305.50	304.50
		Desviación estándar	0.00	0.71	0.71
4 horas		Promedio	304.50	306.00	305.50
		Desviación estándar	0.71	1.41	0.71
2 horas		Promedio	304.00	302.50	304.50
		Desviación estándar	0.00	0.71	0.71
1 hora		Promedio	304.00	303.50	304.00
		Desviación estándar	0.00	0.71	1.41

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Tabla XXIV. **Promedios y desviaciones estándar de las cargas resistidas por cada par de cilindros ensayados**

	Edad en días		3 días	7 días	28 días
	Carga en lb	Muestras patrón	Promedio	42,500.00	62,500.00	98,000.00
Desviación estándar			0.00	6,363.96	6,363.96
24 horas		Promedio	47,500.00	66,500.00	98,000.00
		Desviación estándar	3,535.53	2,121.32	2,828.43
4 horas		Promedio	47,250.00	65,500.00	94,000.00
		Desviación estándar	3,889.09	7,778.17	2,828.43
2 horas		Promedio	47,500.00	65,500.00	96,500.00
		Desviación estándar	4,949.75	3,535.53	2,121.32
1 hora		Promedio	47,750.00	67,250.00	98,750.00
		Desviación estándar	353.55	3,889.09	1,767.77

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Tabla XXV. **Promedios y desviaciones estándar del esfuerzo resistido por cada par de cilindros ensayados**

	Edad en días		3 días	7 días	28 días
	Esfuerzo en PSI	Muestras patrón	Promedio	1,515.00	2,215.00	3,450.00
Desviación estándar			7.07	219.20	226.27
24 horas		Promedio	1,685.00	2,365.00	3,475.00
		Desviación estándar	120.21	77.78	77.78
4 horas		Promedio	1,675.00	2,345.00	3,375.00
		Desviación estándar	134.35	275.77	91.92
2 horas		Promedio	1,690.00	2,320.00	3,445.00

Continuación tabla XXV.

		Desviación estándar	169.71	127.28	91.92
	1 hora	Promedio	1,695.00	2,405.00	3,495.00
		Desviación estándar	21.21	162.63	106.07

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Tabla XXVI. **Promedios y desviaciones estándar de la densidad de cada par de cilindros ensayados**

	Edad en días		3 días	7 días	28 días
	Densidad en Kg/m³	Muestras patrón	Promedio	2,374.77	2,366.85	2,381.84
Desviación estándar			5.92	0.32	15.11
24 horas		Promedio	2,376.61	2,379.93	2,372.63
		Desviación estándar	0.85	17.85	21.81
4 horas		Promedio	2,387.77	2,411.60	2,419.87
		Desviación estándar	13.25	19.20	16.66
2 horas		Promedio	2,381.42	2,394.73	2,400.94
		Desviación estándar	7.67	0.84	7.54
1 hora		Promedio	2,399.89	2,409.54	2,382.67
		Desviación estándar	11.18	17.52	36.81

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Tabla XXVII. **Frecuencias del tipo de fractura de cada cilindro ensayado**

Tipo de falla	3 días	7 días	28 días	Total Fallas
Falla 1		1		1
Falla 2	4	6	4	14
Falla 3			4	4
Falla 4	2			2
Falla 5		1		1
Falla 6	4	2	2	8
Totales	10	10	10	30

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Tabla XXVIII. **Frecuencias porcentuales del tipo de fractura de cada cilindro ensayado**

Tipo de falla	3 días	7 días	28 días	Total Fallas
Falla 1		10 %		3 %
Falla 2	40 %	60 %	40 %	47 %
Falla 3			40 %	13 %
Falla 4	20 %			7 %
Falla 5		10 %		3 %
Falla 6	40 %	20 %	20 %	27 %
Totales	100 %	100 %	100 %	100 %

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Tabla XXIX. **Tabla de frecuencias del tipo de falla de los cilindros según el tiempo de formación de junta**

Tipo de falla	Patrón	24 horas	4 horas	2 horas	1 hora	Total Fallas
Falla 1		1				1
Falla 2	4	1	4	3	2	14
Falla 3			2	2		4
Falla 4				1	1	2
Falla 5					1	1
Falla 6	2	4			2	8
Totales	6	6	6	6	6	30

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Tabla XXX. **Tabla de frecuencias porcentuales del tipo de falla de los cilindros según el tiempo de formación de junta**

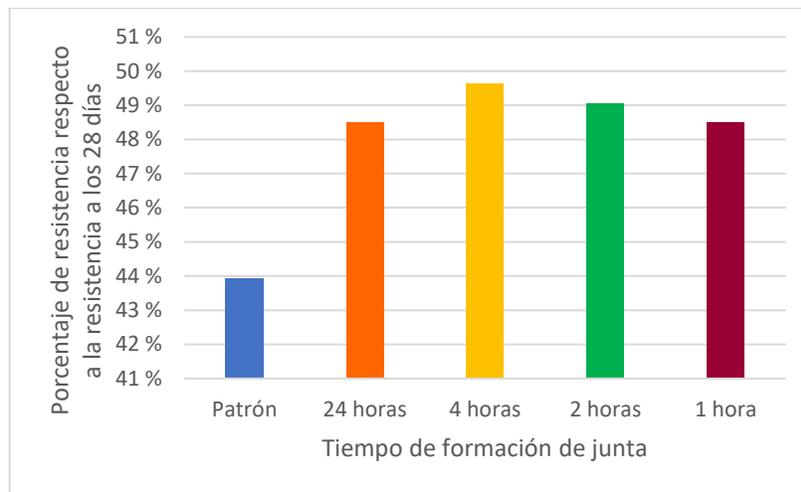
Tipo de falla	Patrón	24 horas	4 horas	2 horas	1 hora	Total fallas
Falla 1		17 %				3 %
Falla 2	67 %	17 %	67 %	50 %	33 %	47 %
Falla 3			33 %	33 %		13 %
Falla 4				17 %	17 %	7 %
Falla 5					17 %	3 %
Falla 6	33 %	67 %			33 %	27 %
Totales	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

4.4. Gráficas

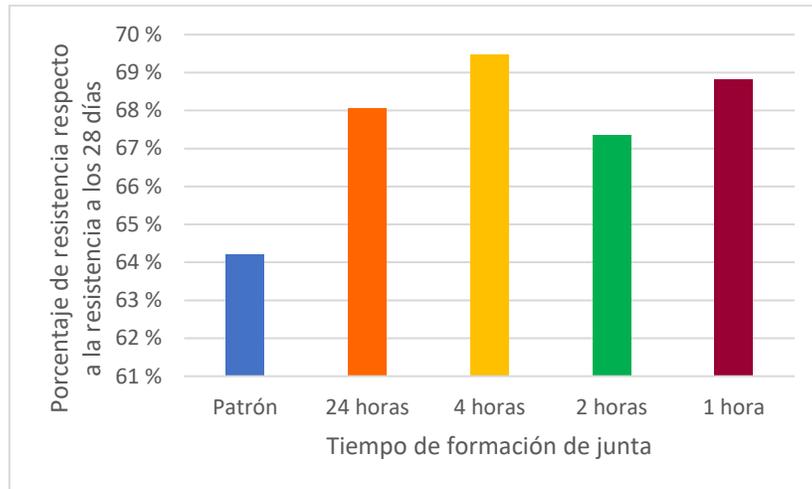
Las siguientes gráficas muestran la comparación de los porcentajes de resistencia de cada batería de cilindros (según tiempo de formación de junta) en edades de 3 y 7 días.

Figura 35. **Porcentaje de resistencia a la edad de 3 días**



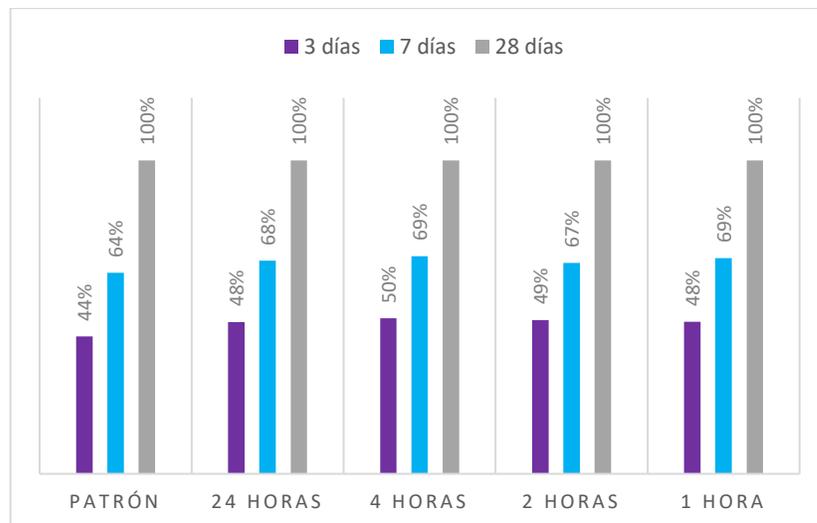
Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Figura 36. **Porcentaje de resistencia a la edad de 7 días**



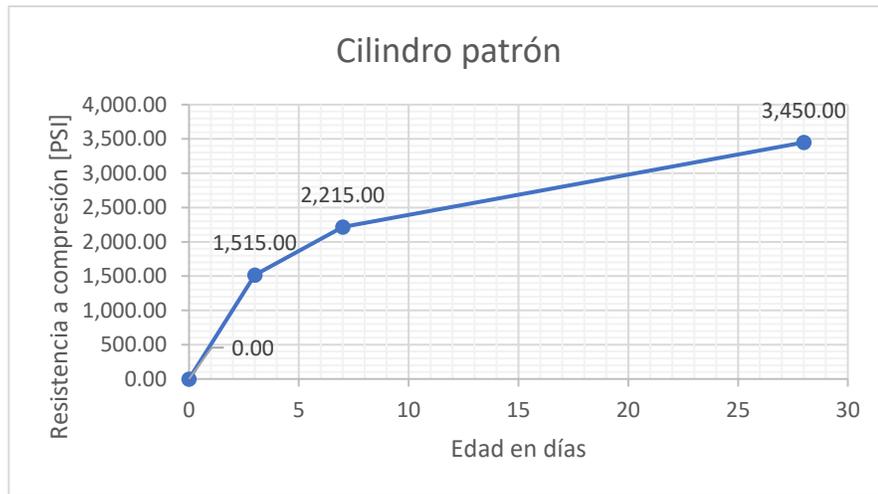
Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Figura 37. **Comparación de la evolución de la resistencia de las diferentes muestras de concreto en edades diferentes**



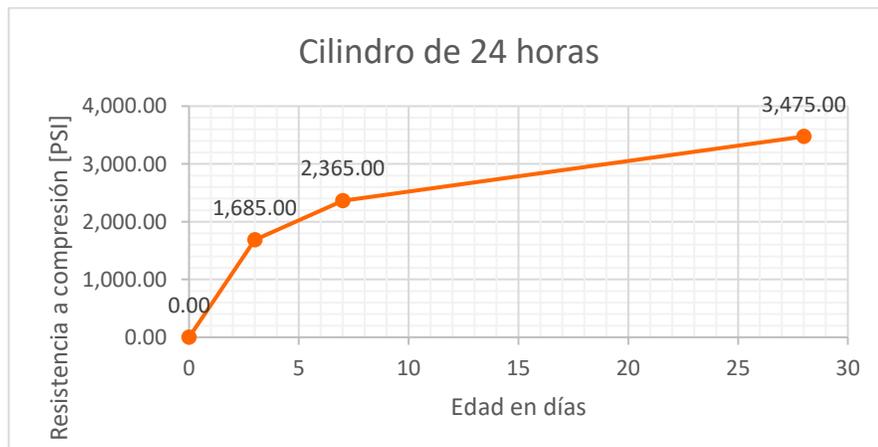
Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Figura 38. Resistencia a compresión del cilindro patrón en edades de 3, 7 y 28 días



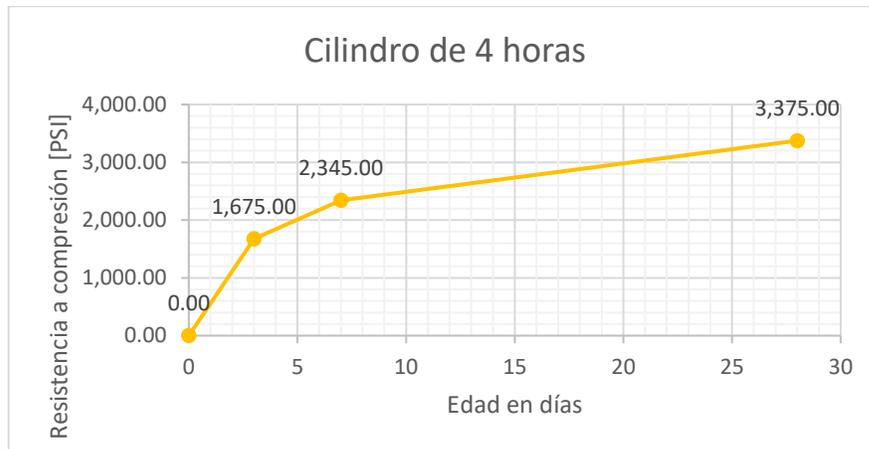
Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Figura 39. Resistencia a compresión de las muestras con tiempo de formación de junta de 24 horas, en edades de 3, 7 y 28 días



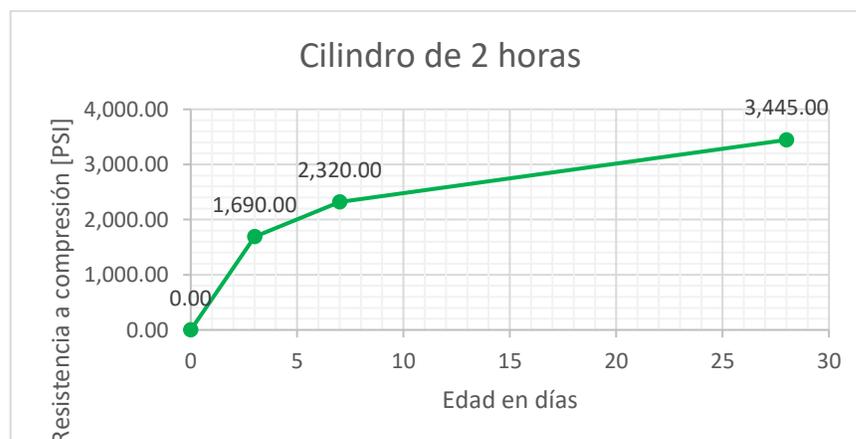
Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Figura 40. **Resistencia a compresión de las muestras con tiempo de formación de junta de 4 horas, en edades de 3, 7 y 28 días**



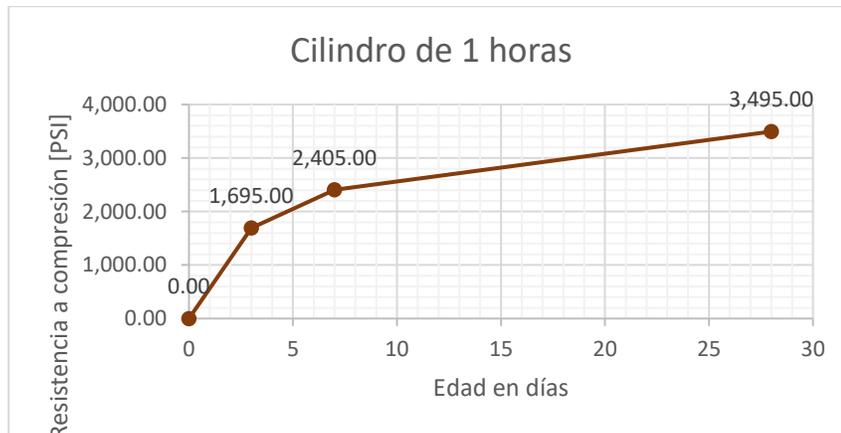
Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Figura 41. **Resistencia a compresión de las muestras con tiempo de formación de junta de 2 horas, en edades de 3, 7 y 28 días**



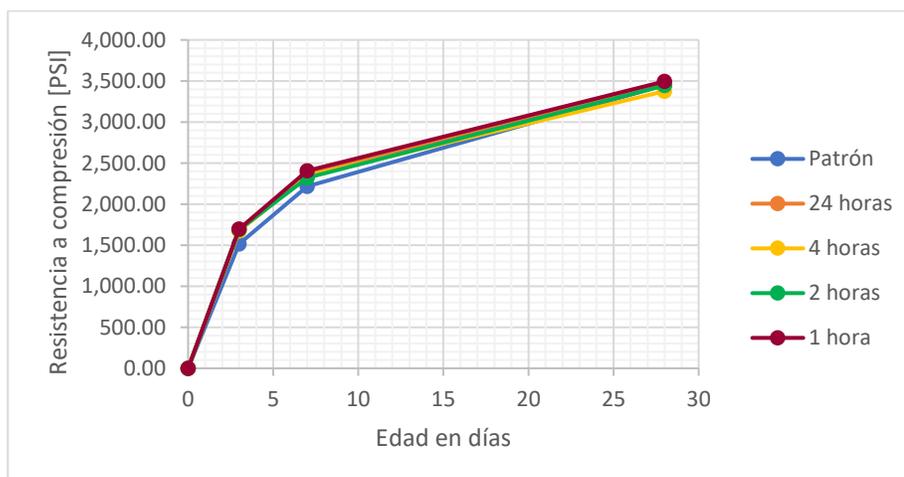
Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Figura 42. **Resistencia a compresión de las muestras con tiempo de formación de junta de 1 horas, en edades de 3, 7 y 28 días**



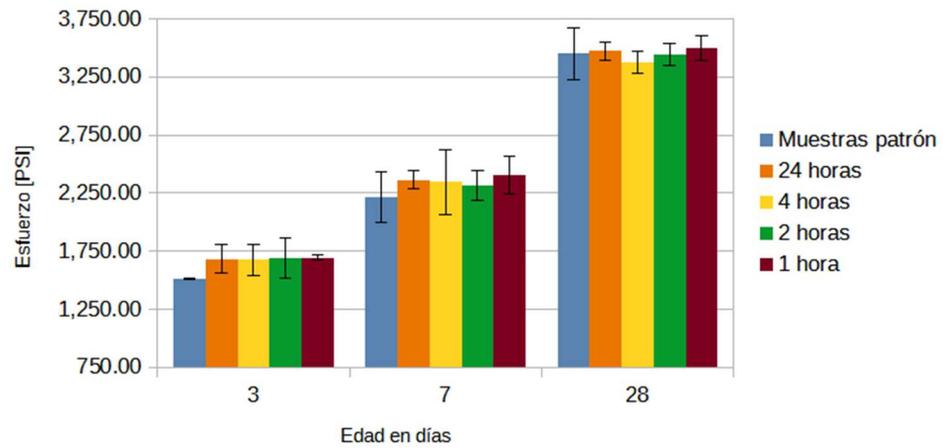
Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

Figura 43. **Comparación de la evolución de la resistencia de los cilindros con diferentes tiempos de formación de junta**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2019.

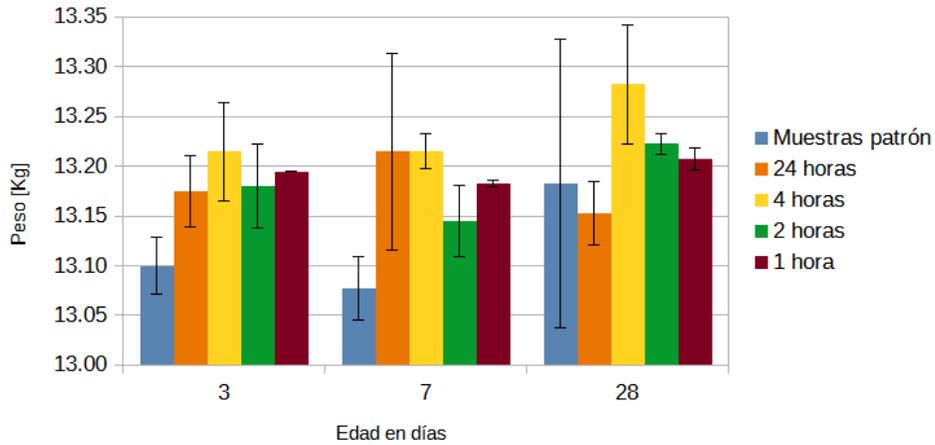
Figura 44. **Comparación nro. 2 de la evolución de la resistencia de los cilindros con diferentes tiempos de formación de junta**



Fuente: elaboración propia, realizado con LibreOffice Calc.

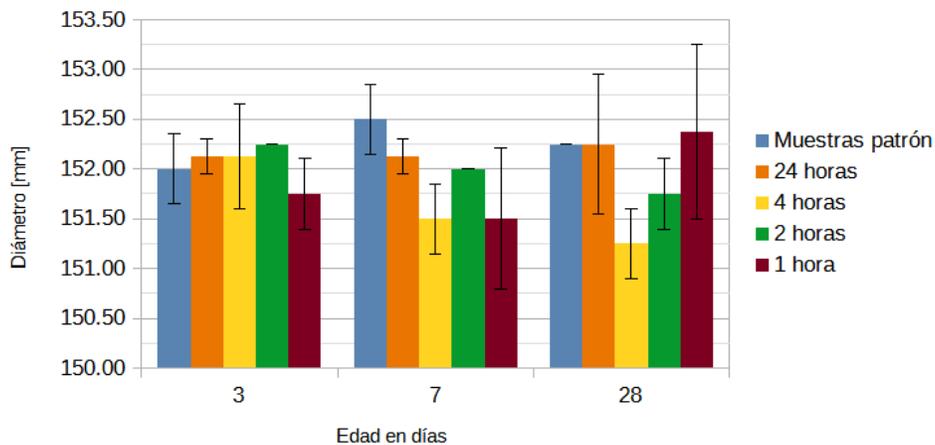
Con base en las tablas XX a la XXVI se obtuvieron las siguientes gráficas que comparan las características físicas de los cilindros y la carga soportada de cada par. La barra de error indica la desviación estándar de las muestras de cada par.

Figura 45. **Comparación de los pesos promedio de los pares de cilindros ensayados a cada edad**



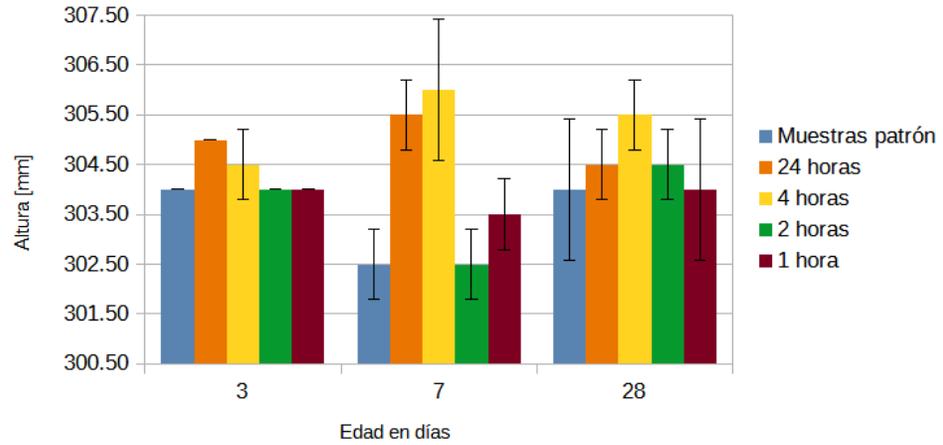
Fuente: elaboración propia, realizado con LibreOffice Calc.

Figura 46. **Comparación de los diámetros promedio de los pares de cilindros ensayados a cada edad**



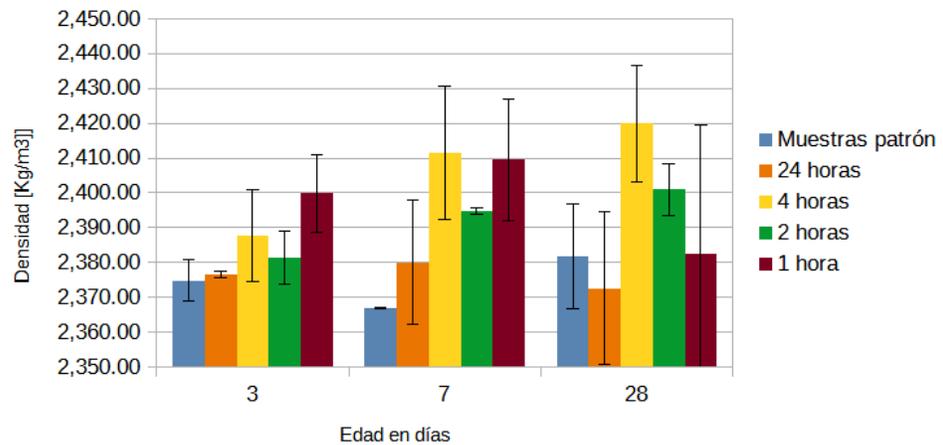
Fuente: elaboración propia, realizado con LibreOffice Calc.

Figura 47. **Comparación de las alturas promedio de los pares de cilindros ensayados a cada edad**



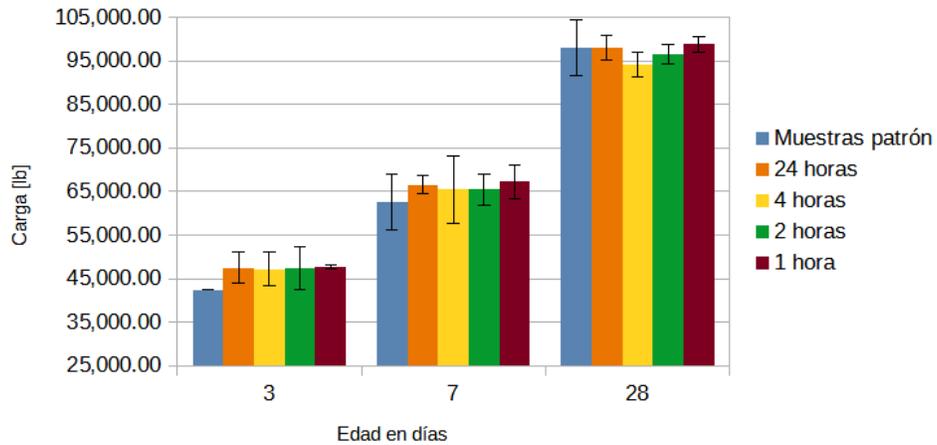
Fuente: elaboración propia, realizado con LibreOffice Calc.

Figura 48. **Comparación de las densidades promedio de los pares de cilindros ensayados a cada edad**



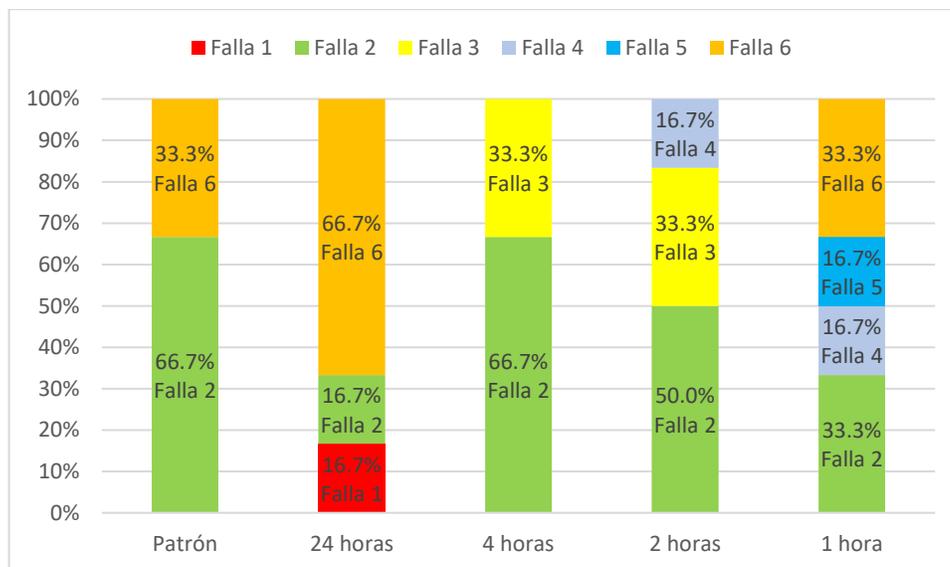
Fuente: elaboración propia, realizado con LibreOffice Calc.

Figura 49. **Comparación de las cargas promedio resistidas por los cilindros a cada edad**



Fuente: elaboración propia, realizado con LibreOffice Calc.

Figura 50. **Frecuencias del tipo de falla de los cilindros según el tiempo de formación de junta**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Office 2019.

4.5. Discusión de resultados

Este trabajo de investigación presenta los efectos que las juntas frías tienen sobre la resistencia a compresión del concreto; en este caso particular, para un esfuerzo normal. La presente discusión de resultados, basada en las tablas y gráficas de este capítulo, estará orientada en allanar el camino para dar conclusiones sobre este tema.

Como primer punto se tiene la evolución de la resistencia a compresión de las muestras de un mismo tiempo de formación de junta; sabiendo que la resistencia a compresión del concreto asume que a los 28 días se tiene el 100 % de la misma. En la comparación de los porcentajes de las resistencias de los diferentes tipos de muestra trabajados, la tabla XVI (porcentaje de resistencia respecto a una edad de 28 días de los cilindros con diferente tiempo de formación de junta) y las figuras 35 a 37 (porcentajes de resistencia a la edad de 3, 7 y 28 días, y comparación de estas), demuestran que, en el conjunto de todos los tiempos de formación de junta, en una edad de 3 días el rango estadístico en el porcentaje de resistencia es de 6%, teniendo como valores absolutos un mínimo de 44 % y un máximo de 50 %. Para la edad de 7 días se tiene un rango de 5 %, siendo el mínimo 64 % y el máximo 69 %. A partir de esta comparación no se evidencia ningún tipo de relación entre los tiempos de formación de junta y la forma en la que evoluciona la resistencia de las muestras.

Sobre la comparación de las muestras con junta fría respecto a las muestras monolíticas; la tabla XVIII (comparación de los porcentajes de resistencia con cada tiempo de formación de junta respecto a las muestras patrón) nos indica valores de más del 100% de la resistencia obtenida en las muestras monolíticas, para todos los tipos de muestra con junta fría. Tan solo la resistencia a 28 días de la muestra con formación de junta de 4 horas demostró

tener un valor de menos del 100 % de la resistencia respecto a la muestra monolítica (se obtuvo 98 %). Los valores mayores llegaron a alcanzar porcentajes de hasta 112 %.

También se analizaron los datos de resistencia de las diferentes muestras en una misma edad, bajo el supuesto de que “muestras diferentes deberían arrojar valores dispersos”, sin embargo, en la comparación de la tabla XX (comparación estadística de las resistencias a cada edad) se evidencian los siguientes parámetros estadísticos:

- Para una edad de 3 días se obtuvo una desviación estándar de 110.13 PSI y un coeficiente de variación de 7 %.
- Para la edad de 7 días se obtuvo una desviación estándar de 154.06 PSI y un coeficiente de variación de 7 %.
- Para la edad a 28 días se obtuvo una desviación estándar de 106.44 PSI y un coeficiente de variación de 3 %.

Considerando los valores de los coeficientes de variación se puede determinar que las magnitudes de resistencia de todas las muestras diferentes para una misma edad son homogéneas. Pese a que Botía (2016) indica que bajo la presencia de una junta fría habrá una disminución de la resistencia cuya magnitud será difícil de determinar, no hay indicio de que los tiempos de formación de junta de esta campaña experimental tengan un efecto sobre la resistencia a compresión de las muestras ensayadas o que se ocasione aleatoriedad en las magnitudes obtenidas.

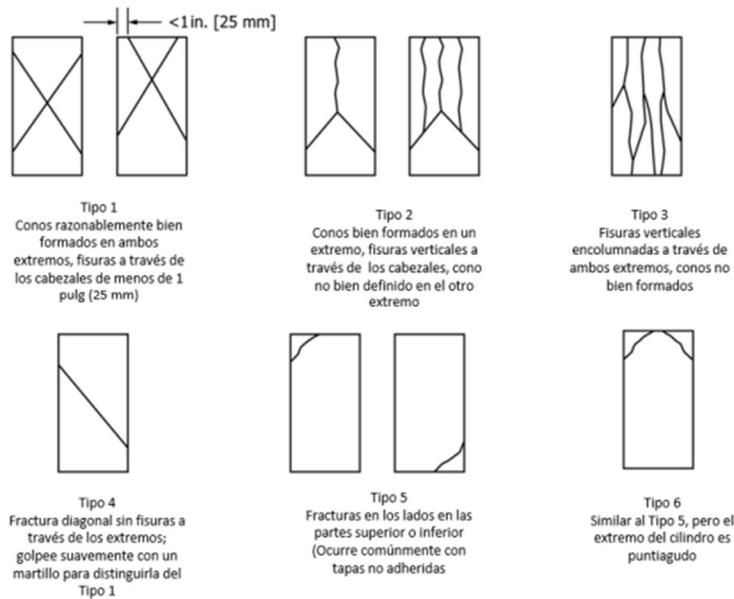
Observar que en las tablas XXI a la XXVI (promedios y desviación estándar del peso, diámetro, altura, carga, esfuerzo y densidad) y en las gráficas 45 a 51 (comparación del peso, diámetro, altura, carga, esfuerzo y densidad), los valores

de cada característica de los cilindros de concreto presentan diferencias. Las gráficas 45 y 47 correspondientes a los pesos y las alturas son las que evidencian mayores diferencias, tales que incluso los intervalos de las desviaciones estándar (representados por barras de error de color negro) se excluyen entre sí en algunos casos. En el capítulo 1 se estableció que un concreto con mayor densidad es un concreto con mejores propiedades mecánicas, de modo que la figura 49 (comparación de las densidades promedio de los pares de cilindros ensayados a cada edad) cobra importancia, ya que en relación con la figura 44 (comparación de las resistencias promedio de los cilindros a cada edad), sí se alcanza a identificar una correlación entre ambas.

Por otro lado, las figuras del número 38 al número 43 (Resistencia de cada tiempo de formación de junta y comparaciones), y en especial la comparativa de la figura 44 (comparación de la evolución de la resistencia de los cilindros con diferente tiempo de formación de junta) demuestran que no solamente es pequeña la diferencia de las resistencias a compresión, sino que la evolución en el tiempo fue aproximadamente la misma. Esto coincide con las razones de incremento de resistencia que muestra la figura 37. Por lo tanto, no hay en este estudio evidencia que sugiera que para un esfuerzo normal tiempo mayor de formación de junta fría, la resistencia se vea afectada directa o inversamente.

En cuanto a los tipos de falla:

Figura 51. **Tipos de fractura en cilindros de concreto sometidos a compresión**



Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas. (2010). *Norma COGUANOR NTG 41017 h1*. p.19.

Existen dos tipos de falla en los cilindros a compresión. Las que tienen como motivo el aplastamiento (falla tipo 3) y las que tienen como motivo el corte (fallas tipo 1, 4, 5 y 6). De acuerdo con Neville y Brooks (2010). La falla tipo 2, que es una combinación de las fallas por aplastamiento y corte, es la más común en los ensayos de compresión de cilindros. Este último fue el caso de la batería total de muestras de este estudio, que, según los datos de las tablas XXVII y XXIX (frecuencia del tipo de fractura según la edad y según el tiempo de formación de junta), representó el 47 % del total global.

También se presentaron numerosas fallas de tipo 6 (27 % del total global), y algunas de tipo 4 (7 %), 5 (3 %) y 1 (3 %), las cuales se caracterizan por ser de

corte. Las fallas de tipo 3 se presentaron en un 13 % del total global; las cuales se caracterizan por ser de aplastamiento, Neville y Brooks (2010).

La ocurrencia de la falla tipo 5 y 6 pueden deberse a la relativa diferencia de resistencias que las capas de concreto tendrían. Notar que es especialmente en el tiempo de formación de junta de 24 horas que la falla de tipo 6 es más frecuente.

De la figura 50 y de la evidencia fotográfica se puede interpretar lo siguiente:

- A pesar de ser marcada la diferencia entre las colocaciones de concreto, las fracturas no sucedieron exactamente en la región central. Se presentan las siguientes fotografías. En la primera se observan los cilindros con una junta fría muy marcada al centro. Por otro lado, en las fotografías de las fracturas, ninguna se concentra en torno a la ubicación de la junta fría o partiendo de ella.
- La presencia de la falla tipo 2 podría ser atribuida a la discontinuidad de los estratos de concreto, sin embargo, la bibliografía indica que es la falla típica en los ensayos a compresión, validado también por los tipos de falla obtenidos en las muestras patrón, en donde esta representó el 66,7 %.
- Se presentó falla tipo 3 solamente en los cilindros con formación de junta de 2 y de 4 horas. Si esta información se contrasta con lo observado en la figura 48 (comparación de densidades promedio de los pares de cilindros ensayados a cada edad), se puede interpretar que, el obtener densidades mayores hace tender a la muestra hacia fallas por aplastamiento. Sin embargo, se nota también la presencia de otras fallas, lo cual coincide también con que, en las diferentes edades, las densidades obtenidas fueron heterogéneas.

- En cuanto a resultados heterogéneos, el tiempo de formación de junta de 1 hora obtuvo 4 tipos de falla, para 5 muestras ensayadas. Notar que para las diferentes edades, las densidades de las muestras también fueron variables.
- Los dos estratos de cada cilindro fueron elaborados con bachadas que indudablemente, debido incluso a eventos aleatorios como la humedad ambiente, y otros, fueron de densidades diferentes. Por lo que, en efecto, tener dos o más estratos en una muestra de concreto ocasionará aleatoriedad en la densidad global de la muestra, y a su vez, inducirá una mayor variación en los tipos de falla.

Figura 52. **Probetas de concreto cilíndricas con junta fría a la mitad de la altura**



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Figura 53. **Muestra cilíndrica de concreto con falla de tipo 6**



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Figura 54. **Muestra cilíndrica de concreto con falla de tipo 2**



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Figura 55. **Muestra cilíndrica de concreto con falla de tipo 6**



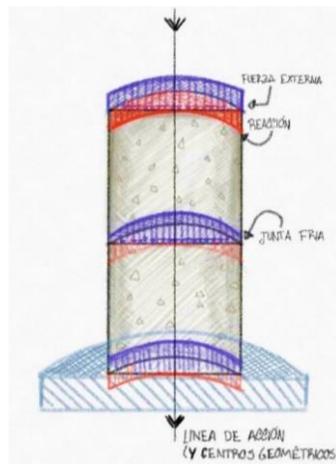
Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Las razones de no tener diferencias notables en la resistencia a pesar de la existencia de juntas frías pueden ser diversas. En primer lugar, las cargas son uniformemente distribuidas y actúan de forma perpendicular al plano de la junta, sobre dos piezas de concreto que, si bien pueden considerarse diferentes, comparten centro geométrico en el plano horizontal. A modo de analogía, las dos masas de concreto estarían comportándose como dos mampuestos colocados directamente uno sobre otro; empíricamente se sabe que en estas condiciones la transmisión de esfuerzos será idéntica en ambos elementos o ambas capas y que la falla tenderá a ser por aplastamiento, a menos que los elementos sean esbeltos.

Diferente sería el caso en el que la carga se aplicara de forma excéntrica o incluso paralela al plano; o que las masas de concreto fueran de geometrías distintas; esa es la razón por la que no se recomienda extrapolar los presentes resultados a otros tipos de cargas, cargas dinámicas, esfuerzos cortantes, de

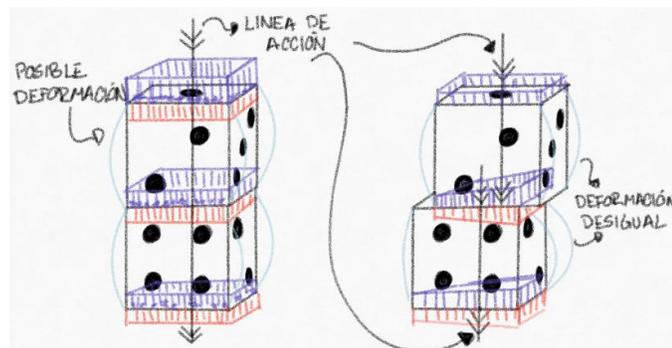
tensión, o incluso normales excéntricos ya que el cambio en una de las condiciones puede llegar a tener efectos totalmente distintos.

Figura 56. **Corte transversal de un cilindro sometido a una carga uniformemente distribuida, normal al plano de interés**



Fuente: elaboración propia, realizado con Sketchup Pro.

Figura 57. **Esquema de analogía entre dos elementos cualquiera sometidos a cargas en dos arreglos distintos**



Fuente: elaboración propia, realizado con Sketchup Pro.

En el primer caso la línea de acción pasa por el centroide de ambos elementos, ocasionando deformaciones equitativas y aplastamiento. En el segundo caso los centroides desalineados ocasionan deformaciones desiguales e incluso hasta vuelco en los elementos.

CONCLUSIONES

1. Se evaluó la resistencia a compresión del concreto cuando existe presencia de juntas frías en el plano horizontal y perpendicular a la acción de la fuerza. Para ello se emplearon 30 cilindros de concreto, en grupos de 6 unidades y cada grupo con un tiempo de formación de junta fría de 1, 2, 4 y 24 horas, más 6 unidades monolíticas (patrón), cada uno cumpliendo con las mismas características de diseño de mezcla y fabricación en condiciones de laboratorio.
2. Las resistencias promedio de cada par de cilindros en edades de 3 y 7 días, respecto a la resistencia de 28 días, fueron similares independientemente del tiempo de formación de junta fría. Es decir que la evolución de cada batería de cilindros sucedió de manera aproximadamente igual. La presencia de una junta fría en la interfaz de dos masas de concreto sometidas a carga axial uniformemente distribuida demostraron transmitir las cargas equitativamente entre las dos capas adyacentes (como lo ilustrado en la figura 58 y 59), y por lo tanto, soportan esfuerzos muy cercanos entre sí, tal y como se evidencia en la tabla XIV y la figura 38.
3. La resistencia de los cilindros con tiempo de formación de junta fría de 1, 2, 4 y 24 horas, no demostraron diferencias respecto a la resistencia de las muestras monolíticas que pudiese sugerir una influencia de las juntas sobre la resistencia. Incluso muestras con junta fría obtuvieron resultados mayores de resistencia que la muestra monolítica a pesar de haberse utilizado diseños idénticos en cada una

de las mezclas. Por lo tanto, para condiciones de carga, diseños de mezcla y colocaciones de concreto idénticas, una junta fría en el plano horizontal no ocasiona deterioro en la resistencia a 28 días de las muestras de concreto respecto a lo que se obtiene en una muestra monolítica.

4. La comparación de la resistencia de los cilindros ensayados no demostró que mayores tiempos de formación de la junta fría perjudiquen de forma proporcional el valor de la resistencia a los 28, 7 o 3 días. En general los resultados de la resistencia fueron homogéneos; de lo cual puede concluirse que para condiciones de carga idénticas (en dirección normal al plano y uniformemente distribuida) y en el plano horizontal exclusivamente, los tiempos de formación de junta fría no están directa ni inversamente correlacionados con la resistencia a compresión.

5. La frecuencia de cierto tipo de fallas puede llegar a sufrir la influencia de las juntas frías, no por la junta per se, sino por los estratos adyacentes de concreto, ya que es muy probable que las densidades sean diferentes. Por ejemplo, en una muestra con dos estratos diferentes, se introduce una causa de aleatoriedad en el tipo de falla. Tener más estratos representaría aún más niveles de aleatoriedad por lo que, muestras de características similares, con formaciones de junta del mismo tiempo, podrían comportarse de diferentes maneras, en función del aire incorporado en la mezcla, la consolidación aplicada, la relación agua-cemento, humedad ambiente, y cualquier variable que pueda afectar directa o indirectamente la densidad de la mezcla.

6. Para trabajar con el concreto fresco, se debe cuidar la trabajabilidad y la cohesión de la mezcla, las cuales dependen tanto de las características de los agregados como de la relación agua-cemento. Se deben planificar cuidadosamente las secuencias de colocación y consolidación para no exceder el tiempo de fraguado inicial (pérdida de trabajabilidad), o por el otro lado, apresurar las secuencias y ocasionar segregaciones en la mezcla.

7. Para trabajar con concreto endurecido se debe cuidar cada paso desde la mezcla de los materiales, la consolidación y el curado. Este último con especial cuidado ya la resistencia del concreto depende de conservar la humedad para poder efectuar una hidratación completa del cemento.

RECOMENDACIONES

1. Extender el estudio de esta línea de investigación y la influencia sobre la resistencia para otros planos de formación, por ejemplo, en el plano vertical y plano oblicuo, e incluso a condiciones de carga que puedan generar esfuerzos de otro tipo como cortante, o combinaciones como es el caso de la flexión.
2. Atender con énfasis el alcance de las conclusiones acerca de las condiciones de carga, condiciones de formación de junta y tiempos de formación de junta para no extrapolar equivocadamente a fenómenos distintos.
3. Aplicar cualquiera de los tratamientos descritos en el capítulo 2 del presente trabajo de investigación ante la formación de juntas frías ya que existe la probabilidad de ocurrencia de cualquier tipo de esfuerzo en los elementos.
4. Prestar atención a las juntas del concreto durante el diseño y planificación de las estructuras, ya que dependiendo de qué tipo sea, se determinará cuáles serán los requerimientos ulteriores en cuanto a procedimientos y elementos (estructurales o de aislamiento) complementarios.
5. Ampliar la investigación cualitativa de elementos con juntas frías para establecer una certeza sobre el tipo de fallas presentadas.

6. Aumentar los tiempos de formación de las juntas frías a periodos de días o semanas, en los cuales los procesos de hidratación, desecación y fraguado sucedan de forma más desigual.
7. Considerar implementar juntas frías en modelos de columnas cortas, intermedias o esbeltas, para determinar el comportamiento frente a combinaciones de esfuerzos en elementos estructurales.
8. Procurar tener juntas de construcción a juntas frías; sin embargo, como las segundas surgen de forma completamente imprevista, se debe dejar registro en bitácora de la presencia de ellas, para futuros mantenimientos o para la evaluación de la integridad de la estructura.
9. Evaluar juntas frías con mayor tiempo de formación de modo que la información documental sea cada vez mayor, más enriquecida y sirva como precedente a futuros estudios.
10. Aplicar los recursos tecnológicos actuales (fotografías y videos) para capturar de forma detallada los diferentes ensayos que se trabajen en cualquier tipo de investigación.

REFERENCIAS

1. American Concrete Institute. (2015). *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-14)*. Miami, EE. UU: Autor.
2. Archila, G. (2005). *Evaluación sobre adherencia entre concreto antiguo y concreto nuevo con dos tipos de epóxicos (Tesis de licenciatura)*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
3. Cement Concrete & Aggregates Australia. (2004). *Joints in concrete buildings*. Australia: Editorial CCAA.
4. Espinosa, A. (1989). *Juntas frías y su tratamiento*. Ciudad de México, México: Duro Rock S.A de C.V.
5. Fintel et al. (1974). *Handbook of concrete Engineering*. Nueva York, EE.UU: Van Nostrand Reinhold Company Inc.
6. Halvorsen, y Poston. (2001). *Joints in concrete construction*. Miami, EE.UU: Comité ACI 224.
7. Harrell, Bartojay, White. (2016). *Joint spacing for concrete structures*. Washington, EE. UU: Bureau Of Reclamation,
8. Kosmatka et al. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Illinois, EE.UU: Portland Cement Association.

9. Neville, A. y Brooks, J. (2010). *Concrete Technology*. Londres, Reino Unido: Pearson Education Limited.
10. Pfeiffer, M. (1987). *Joint design for reinforced concrete buildings*. Kansas, EE.UU: Universidad de Kansas.
11. Rathi, V y Kolase, P. (Septiembre,2013). *Effect of cold joint on strength of concrete*. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 2(9), 71-79.
12. Santos, P y Santos, E.(Julio,2011) *Factors affecting bond between new and old concrete*. ACI Materials Journal, 108(4), 449-456.
13. Suprenant, B. (1988). *Bonding new concrete to old*. Massachusetts EE.UU: The Aberdeen Group.
14. Torres et al. (2016). *Comportamiento mecánico de juntas frías lisas de concreto*. Revista Ingeniería de Construcción, 31(3), 151-162.
15. Walach, D. (2016). *Impact of delays during concreting of reinforced high-performance concrete beams*. Varsovia, Polonia: Elsevier Ltd.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Ensayo de revenimiento del concreto**



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 2. **Toma de temperatura de cada bachada de concreto**



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 3. Colocación de la primera mitad de un cilindro de concreto



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 4. Colocación de las segundas mitades de concreto en los cilindros a ensayar



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 5. Cilindros con junta fría de 1 hora recién colocados



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 6. Cilindros con junta fría de 2 horas en estado fresco y en estado endurecido



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 7. Cilindros con junta fría de 4 horas en estado fresco y en estado endurecido



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 8. Cilindros de concreto con junta fría de 1 hora en estado endurecido



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 9. **Junta fría entre la primera y la segunda capa de concreto**



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 10. **Cilindros con junta fría de 1 hora recién desmoldados**



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 11. Cilindros con junta fría de 2 horas recién desmoldados



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 12. Cilindros de concreto en el tanque de curado



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 13. **Ensayo de compresión de un cilindro de concreto con junta fría de 24 horas**



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 14. **Ensayo de compresión de un cilindro de concreto con junta fría**



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 15. **Ensayo de compresión de un cilindro de concreto con junta fría**



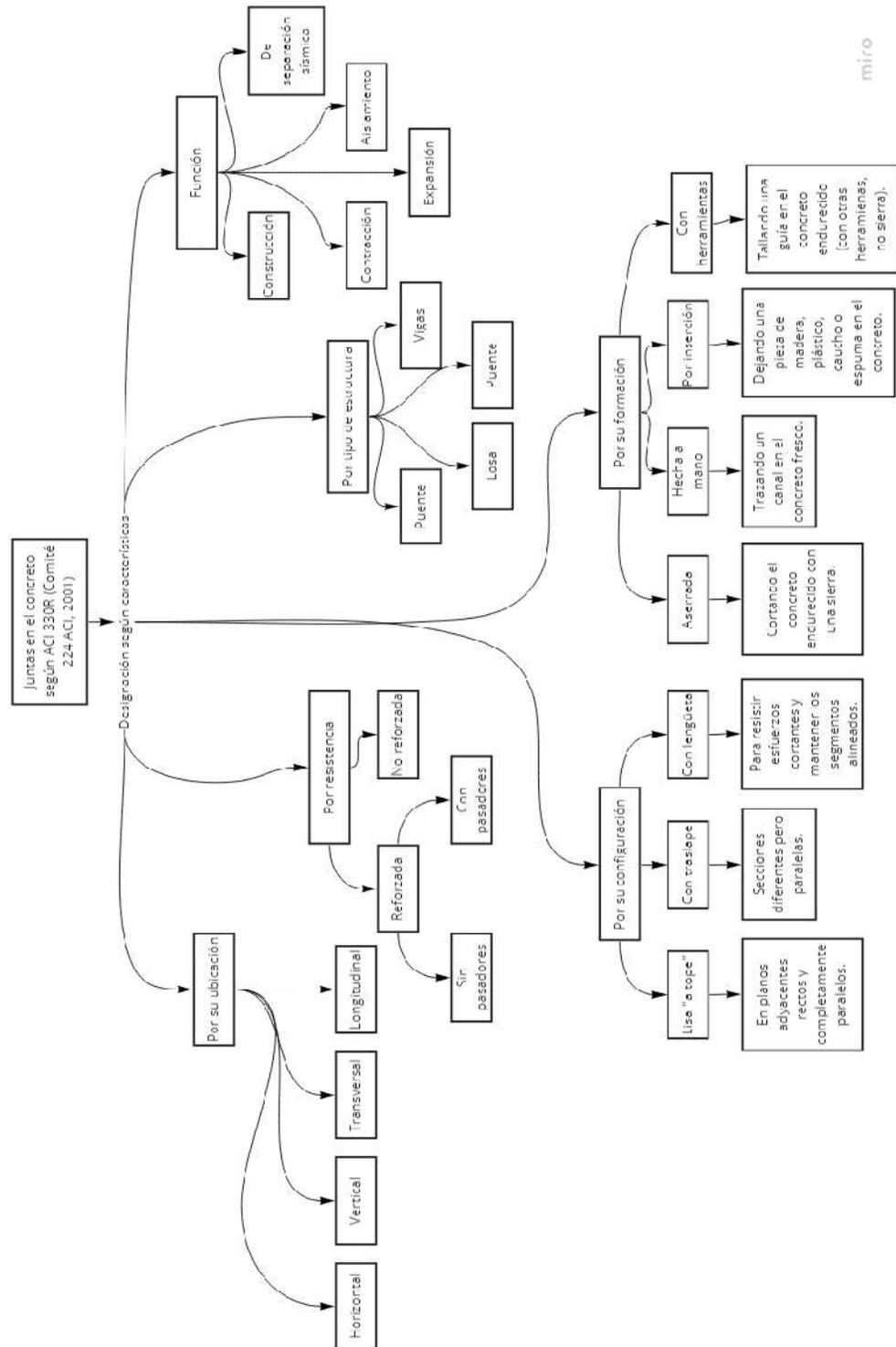
Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 16. **Ensayo de compresión de un cilindro de concreto con junta fría de 24 horas**



Fuente: [Fotografía de Albin Montepeque] (Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. 2020). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 17. Clasificación de las juntas según ACI 330 R



Fuente: elaboración propia, realizado con Miro en línea.

ANEXOS

Anexo 1. Requisitos de granulometría para agregados gruesos

Número de Tamaño	Tamaño nominal (Tamices con aberturas cuadradas)	Cantidades más finas que pasan por un tamiz (abertura cuadrada) en porcentaje en masa												
		100 mm (4 in)	90 mm (3½ in.)	75 mm (3 in.)	63 mm (2½ in.)	50 mm (2 in.)	37.5 mm (1½ in.)	25.0 mm (1 in.)	19.0 mm (¾ in.)	12.5 mm (½ in.)	9.5 mm (¾ in.)	4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N°16)	300 um (N°50)
1	90 a 37.5 mm (3½ a 1½ in.)	100	90 a 100	....	25 a 60	....	0 a 15	....	0 a 5	....	....	....	....	....
2	63 a 37.5 mm (2½ a 1½ in.)	....	....	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	....	0 a 5	....	....	....	....	....
3	50 a 25.0 mm (2 a 1 in)	....	....	....	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	....	0 a 5	....	....	....	....
357	50 a 4.75 mm (2 in. A N°4)	....	....	....	100	95 a 100	....	35 a 70	....	....	....	0 a 5	....	....
4	37.5 a 19.0mm (1½ to ¾ in.)	....	....	....	....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	....	0 a 5	....	....	....
467	37.5 a 4.75 mm (1½ A N° 4)	....	....	....	....	100	95 a 100	....	35 a 70	....	10 a 30	....	....	....
5	25.0 a 9.5 mm (1 a ¾ in.)	....	....	....	....	....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	....	....	....
56	25.0 a 4.75 mm (1 a ¾ in.)	....	....	....	....	....	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	....	....
57	25.0 a 4.75 mm (1 in. A N°4)	....	....	....	....	....	100	95 a 100	....	25 a 60	....	0 a 10	0 a 5	....
6	19.0 a 9.5 mm (¾ in a ¾ in.)	....	....	....	....	....	....	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	....	....
67	19.0 a 4.75 mm (¾ in a N°4)	....	....	....	....	....	....	100	90 a 100	....	20 a 55	0 a 10	0 a 5	....
7	12.5 a 4.75 mm (½ in. A N°4)	....	....	....	....	....	....	....	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	....
8	9.5 a 2.36 mm (¾ in a N°8)	....	....	....	....	....	....	....	....	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	9.5 a 1.18 mm (¾ in a N°16)	....	....	....	....	....	....	....	....	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
g ^A	4.75 a 1.18 mm (N°4 a N°16)	....	....	....	....	....	....	....	....	....	100	85 a 100	10 a 40	0 a 5

^AEl Agregado de número de tamaño 9 está definido en la norma terminología NTG/ASTM C 125 como un agregado fino. Esta incluido como un agregado grueso cuando está combinado con un material de número de tamaño 8 para crear un número de tamaño 89, que es un agregado grueso según está definido por la norma Terminología NTG/ASTM C 125.

NTG-41007

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas. (2017). *Norma COGUANOR NTG 41017 h1* (Agregados para Concreto. Especificaciones).

Anexo 2. Límites para sustancias perjudiciales y requisitos de propiedades físicas del agregado grueso para concreto

NTG-41007

TABLA 3 Límites para sustancias perjudiciales y requisitos de propiedades físicas de agregado grueso para concreto

Designación de Clase	Tipo o Ubicación de la construcción de concreto	Termones de Arcilla y Materiales friables	horstano (menos de 2.40 de densidad (δ ₂₀))	Suma de termones de Arcilla, partículas friables y 2.40 densidad (δ ₂₀)	Ver ¹ Material más fino que el tamiz 75-µm (N° 200) B	Ver ² Coef. y Lígido δ	Abstración	Resistencia a disgregación de los agregados al sulfato de magnesio (B sobre) (E sobre)	
									Regiones de interpenetración severa		Regiones de interpenetración moderada
1S	Zapatas, fundaciones, columnas y vigas no expuestas a la intemperie, losas de pisos interiores que van a ser revestidas	10.0	....	....	1.0 ^C	1.0	50	....
2S	Pisos interiores sin revestimiento	5.0	....	....	1.0 ^C	0.5	50	....
3S	Muros de fundación por encima del nivel del terreno, muros de retención, estibos, pilares, vigas principales y vigas expuestas a la intemperie	5.0	5.0	7.0	1.0 ^C	0.5	50	18.0	
4S	Pavimentos, tableros de puente, caminos y cordones, senderos, pisos de garage, terrazas y pisos exteriores que estén en contacto con el agua, sujetas a mojarse frecuentemente.	3.0	5.0	5.0	1.0 ^C	0.5	50.0	18.0	
5S	Concreto arquitectónico expuesto D	2.0	3.0	3.0	1.0 ^C	0.5	50.0	18.0	
Regiones de interpenetración moderada									
1M	Zapatas, fundaciones, columnas y vigas no expuestas a la intemperie, losas de pisos interiores que van a ser revestidas	10.0	....	....	1.0 ^C	1.0	50	....
2M	Pisos interiores sin revestimiento	5.0	....	....	1.0 ^C	0.5	50	....
3M	Muros de fundación por encima del nivel del terreno, muros de retención, estibos, pilares, vigas principales y vigas expuestas a la intemperie	5.0	8.0	10.0	1.0 ^C	0.5	50	18.0	
4M	Pavimentos, tableros de puente, caminos y cordones, senderos, pisos de garage, terrazas y pisos exteriores, o estructuras frente al agua, sujetas a mojarse frecuentemente.	5.0	5.0	7.0	1.0 ^C	0.5	50	18.0	
5M	Concreto arquitectónico expuesto D	3.0	3.0	3.0	1.0 ^C	0.5	50	18.0	
Regiones de interpenetración Desapreciable									
1N	Losas sujetas a abstración en tráfico, tableros de puentes, pisos, senderos, pavimentos	5.0	....	....	1.0 ^C	0.5	50	....
2N	Todas las otras clases de concreto	10.0	....	....	1.0 ^C	1.0	50	....

^A La escoria de alto horno enfriada al aire y triturada está excluida de los requisitos de abstración. La densidad aparente (masa unitaria) verificada o sacudida de la escoria de alto horno no debe ser menor de 1,120 lb/ft³ (70 lb/ft³). La granulometría de la escoria utilizada en el ensayo de densidad aparente (masa unitaria) debe ser conforme a la granulometría que se utilizará en el concreto. La pérdida de abstración de la grava, grava triturada, o escoria por el sulfato de magnesio en el ensayo de resistencia a la disgregación al sulfato debe ser menor de 12% si se utiliza sulfato de sodio.

^B Los límites admisibles para resistencia a disgregación de los agregados al sulfato, debe ser de 12% si se utiliza sulfato de sodio.

^C Esta porcentaje bajo condiciones de las siguientes condiciones: (1) puede ser aumentado a 15, si el material está especialmente libre de escoria, o esquitos, o (2) si se sabe que la fuente del agregado fino a ser utilizado en el concreto contiene menos que la cantidad máxima especificada que pasa el tamiz 75-µm (N° 200) (Tabla 1) se puede aumentar el límite de porcentaje (L) sobre la cantidad en el agregado grueso a $L = 1 + (P/100)(P)$ (T-A), donde P = porcentaje de arena en el concreto como un porcentaje que agregado total. T = el límite de la tabla 1 para la cantidad permitida en el agregado fino, y A = la cantidad real en el agregado fino (esto proporciona un cálculo ponderado diseñado para limitar la masa máxima de material que pasa el tamiz 75-µm (N° 200) en el concreto respecto al que se obtendría si ambos agregados fino y grueso fueran suministrados en el porcentaje máximo tabulado para cada uno de estos ingredientes.

^D Para concretos arquitectónicos o pisos interiores o exteriores expuestos, no se garantiza que pese a cumplir con los límites máximos admisibles de arcilla, partículas friables o livianos, estas partículas pueden quedar expuestas y generar imperfecciones en el acabado.

¹ En Guatemala se aplican los límites de la Tabla 1

² En Guatemala se aplica a materiales de baja densidad.

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas. (2017). *Norma COGUANOR NTG 41017 h1* (Agregados para Concreto. Especificaciones).

Anexo 3. Límite para sustancias perjudiciales en agregado fino para concreto

Ítem	Porcentaje en más de la muestra total, máx.	
	Arena natural	Arena (manufacturada)
Terrones de arcilla y partículas friables de arcilla	3,0	3,0
Material más fino que el tamiz 75	3,0 ^A	5,0 ^B
Cualquier otro concreto	5,0 ^A	7,0 ^B
Material de baja densidad (densidad relativa menor de 2,0)	C	C

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas. (2017). *Norma COGUANOR NTG 41017 h1* (Agregados para Concreto. Especificaciones).

Anexo 4. Informe de análisis completo de agregado fino para concreto



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

INFORME DE ANÁLISIS COMPLETO DE AGREGADO FINO PARA CONCRETO No. 18184

NORMA NTG 41007 (ASTM C-33)

INFORME SACM - 107/2020

HQJA 1/1

O.T. No. 40465

INTERESADO:

Albin Fernando Montepique Castro, Registro académico: 2015 04442.

PROYECTO:

Trabajo de graduación "Comparación de la resistencia a compresión del concreto con presencia de juntas frías en el plano horizontal y con diferentes tiempos de formación de junta".

DIRECCIÓN:

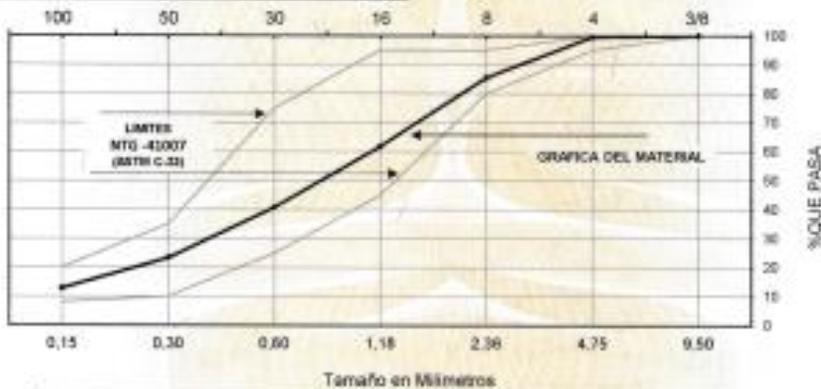
Ciudad de Guatemala, Guatemala.

EMISIÓN DE INFORME:

6 de octubre de 2020

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

Densidad Relativa (sas)	2,68	Porcentaje de Absorción (%)	0,30
Densidad (sas) (kg/m ³)	2 670,00	Contenido de Materia Orgánica	1
Masa Unitaria, Compactada (kg/m ³)	1750,00	Pasa Tamiz # 200 (%)	2,70
Masa Unitaria, Suelta (kg/m ³)	1600,00	Retenido Tamiz 6.35 (%)	0,00
Porcentaje de Vacíos, Compactado (%)	35,00	Modulo de Finura	2,75
Porcentaje de Vacíos, Suelto (%)	38,00		



Tamiz No	9,50	4,75	2,38	1,18	0,60	0,30	0,15
% Que pasa	100,00	99,60	85,50	61,70	40,80	23,30	12,70

OBSERVACIONES:

- Muestra proporcionada por el interesado.
- Tamiz # 200, procedimiento A-lavado con agua potable.
- Contenido de materia orgánica máxima permisible No. 3.

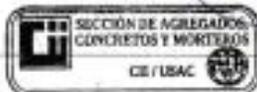
El presente informe representa únicamente la muestra identificada en el mismo.
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Inga. Dilma Yajiel Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Inga. Teima Maricela Cano Morales
Directora CIUSAC



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-

Edificio Emilio Ballarín, Ciudad Universitaria zona 12

Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121, Planta 2418-8000 Ext. 86253 y 86252

Página web: <http://ci.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC (2020). Norma COGUANOR NTG 41017 h1).

Anexo 5. Informe de análisis completo de agregado fino para concreto



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

INFORME DE ANÁLISIS COMPLETO DE AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO

NORMA NTG 41007 (ASTM C-33)

No. 18185

O.T. No. 40466

INFORME SACM - 108/2020

HOJA 1/1

INTERESADO:

Albin Fernando Montepeque Castro, Registro académico; 2015 04442.

PROYECTO:

Trabajo de graduación "Comparación de la resistencia a compresión del concreto con presencia de juntas frías en el plano horizontal y con diferentes tiempos de formación de junta".

DIRECCIÓN:

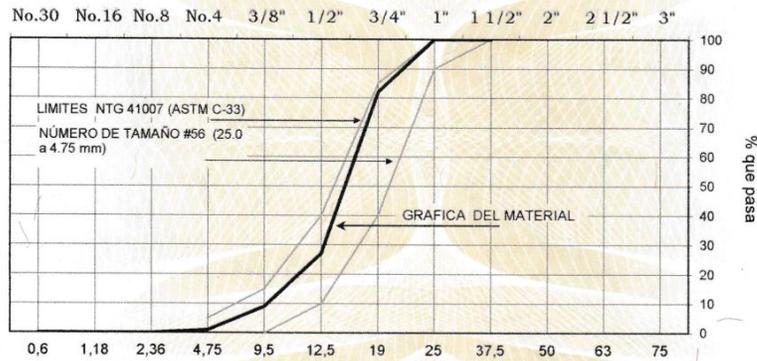
Ciudad de Guatemala, Guatemala.

EMISIÓN DE INFORME:

6 de octubre de 2020

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

Densidad Relativa (sss)	2,65	Pasa Tamiz # 200 (%)	0,10
Densidad (sss) (kg/m ³)	2 640,00	Porcentaje de Vacíos, Compactado (%)	43,00
Masa Unitaria, Compactada (kg/m ³)	1 500,00	Porcentaje de Vacíos, Suelto (%)	46,00
Masa Unitaria, Suelta (kg/m ³)	1 420,00	Modulo de Finura	7,08
Porcentaje de Absorción (%)	0,50	Pasa Tamiz 6,35 (%)	1,40



Tamiz No.	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.8	No.16
% Que pasa	100,00	100,00	100,00	82,00	27,00	9,00	1,00	0,00	0,00

OBSERVACIONES:

- Muestra proporcionada por el interesado.
- Tamiz # 200, procedimiento A, lavado con agua potable.

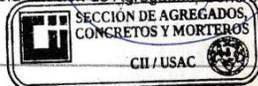
El presente informe representa únicamente la muestra identificada en el mismo.
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

ATENTAMENTE,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
Edificio Emilio Beltrana, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC (2020). Norma COGUANOR NTG 41017 h1).

Anexo 6. Informe de ensayo a compresión para cilindros patrón



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN PARA CILINDROS DE CONCRETO

NORMA NTG - 41017 h1 (ASTM C-39)

No. 18338

O.T. No. 40467

INFORME SACM - 088/21
HOJA 1/1

INTERESADO:

Albin Fernando Montepeque Castro.

PROYECTO:

Trabajo de graduación: "Comparación de la resistencia a compresión del concreto con presencia de juntas frías en el plano horizontal y con diferentes tipos de formación de junta".

DIRECCIÓN:

10a. Calle 3-24 Altos de Barcenan II zona 3 Villa Nueva.

RECEPCIÓN DE MUESTRA:

17 de febrero de 2020

EMISIÓN DE INFORME:

06 de julio de 2021.

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE RÚPTURA	EDAD en días	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA ESTRUCTURA	PESO en kg	DIÁMETRO en mm	ALTURA en mm	CARGA en libras	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/ftg ²	TIPO DE FRACTURA
1	08-06	08/06/2021	11/06/2021	3	Control de calidad de diseño de concreto	13.120	152.25	304.00	42,500	10.40	1,510	6
2	09-06	08/06/2021	11/06/2021	3		13.080	151.75	304.00	42,500	10.50	1,520	6
3	20-06	08/06/2021	15/06/2021	7		13.100	152.75	302.00	67,000	16.30	2,370	2
4	21-06	08/06/2021	15/06/2021	7		13.055	152.25	303.00	58,000	14.20	2,060	2
5	09-07	08/06/2021	06/07/2021	28		13.285	152.25	305.00	93,000	22.70	3,290	2
6	10-07	08/06/2021	06/07/2021	28		13.080	152.25	303.00	102,000	24.90	3,610	2

OBSERVACIONES :

- Diseño de mezcla bajo condiciones de laboratorio.
- Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300,000 lbs.
- Dial utilizado para lectura de cargas: 300,000 lbs.
- Cilindros cabeceados según norma NTG-41067 (ASTM C-1231).
- Asentamiento de mezcla: 95 mm. (3 3/4")
- Temperatura: 23,40 °C.
- Mezcla identificada por el intersado como: Patrón.

BOSQUEJO DE TIPOS DE FRACTURA



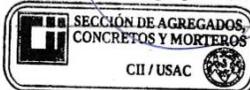
El presente informe representa únicamente los resultados identificados en el mismo.
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

ATENTAMENTE,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-

Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12

télefono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252

Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC (2020). Norma COGUANOR NTG 41017 h1).

Anexo 7. Informe de ensayo a compresión para cilindros con junta fría de 1 hora



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN PARA CILINDROS DE CONCRETO
NORMA NTG - 41017 h1 (ASTM C-39)**

No. **18334**

O.T. No. 40467

INFORME SACM - 084/21
HOJA 1/1

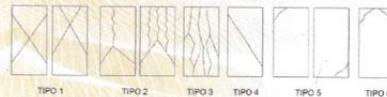
INTERESADO: Albin Fernando Montepeque Castro.
PROYECTO: Trabajo de graduación: "Comparación de la resistencia a compresión del concreto con presencia de juntas frías en el plano horizontal y con diferentes tipos de formación de junta".
DIRECCIÓN: 10a. Calle 3-24 Altos de Barcenas II zona 3 Villa Nueva.
RECEPCIÓN DE MUESTRA: 17 de febrero de 2020
EMISIÓN DE INFORME: 5 de julio de 2021.

Nº. CILINDRO OBRA	Nº. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE RUPTURA	EDAD en días	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA ESTRUCTURA	PESO en Kg	DIÁMETRO en mm	ALTURA en mm	CARGA en libras	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/pig ²	TIPO DE FRACTURA
1	2-06	07/06/2021	10/06/2021	3	Control de calidad de diseño de concreto	13.195	152.00	304.00	47,500	11.60	1,680	2
2	3-06	07/06/2021	10/06/2021	3		13.195	151.50	304.00	48,000	11.80	1,710	4
3	12-06	07/06/2021	14/06/2021	7		13.180	152.00	303.00	64,500	15.80	2,290	5
4	13-06	07/06/2021	14/06/2021	7		13.185	151.00	304.00	70,000	17.40	2,520	6
5	1-07	07/06/2021	05/07/2021	28		13.200	151.75	303.00	100,000	24.60	3,570	6
6	2-07	07/06/2021	05/07/2021	28		13.215	153.00	305.00	97,500	23.60	3,420	2

OBSERVACIONES :

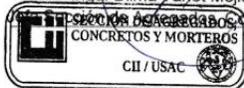
- Diseño de mezcla bajo condiciones de laboratorio.
- Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300,000 lbs.
- Dial utilizado para lectura de cargas: 300,000 lbs.
- Cilindros cabeceados según norma NTG-41067 (ASTM C-1231).
- Asentamiento de mezcla: Primera mitad 20,0 mm. (3/4"); Segunda mitad 70 mm. (2 3/4")
- Temperatura: Primera mitad 24,4 °C ; segunda mitad 24,4 °C.
- Diferencia en tiempo entre mitades: 1 hora.
- Mezcla identificada por el intersado como: 1 Hora.

BOSQUEJO DE TIPOS DE FRACTURA



El presente informe representa únicamente los resultados identificados en el mismo.
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

ATENAMENTE,


 Inga Dilma Yanet Mejicanos Jot
 Inga Dilma Yanet Mejicanos Jot
 CONCRETOS Y MORTEROS


Vo.Bo.


 Inga. Telma Maricela Cano Morales
 Directora CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
 Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
 Página web: http://cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC (2020). Norma COGUANOR NTG 41017 h1).

Anexo 8. Informe de ensayo a compresión para cilindros con junta fría de 2 horas



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN PARA CILINDROS DE CONCRETO

NORMA NTG - 41017 h1 (ASTM C-39)

No. 18335

O.T. No. 40467

INFORME SACM - 085/21
HOJA 1/1

INTERESADO:

Albin Fernando Montepeque Castro.

PROYECTO:

Trabajo de graduación: "Comparación de la resistencia a compresión del concreto con presencia de juntas frías en el plano horizontal y con diferentes tipos de formación de junta".

DIRECCIÓN:

10a. Calle 3-24 Altos de Barcenas II, zona 3, Villa Nueva.

RECEPCIÓN DE MUESTRA:

17 de febrero de 2020

EMISIÓN DE INFORME:

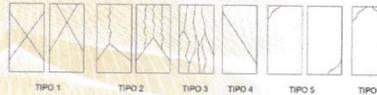
5 de julio de 2021

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE RUPTURA	EDAD en días	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA ESTRUCTURA	PESO en kg	DIÁMETRO en mm	ALTURA en mm	CARGA en libras	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/pig ²	TIPO DE FRACTURA
1	04-06	07/06/2021	10/06/2021	3	Control de calidad de diseño de concreto	13.150	152.25	304.00	44,000	10.80	1,570	4
2	05-06	07/06/2021	10/06/2021	3		13.210	152.25	304.00	51,000	12.50	1,810	2
3	14-06	07/06/2021	14/06/2021	7		13.170	152.00	303.00	68,000	16.60	2,410	2
4	15-06	07/06/2021	14/06/2021	7		13.120	152.00	302.00	63,000	15.40	2,230	2
5	3-07	07/06/2021	05/07/2021	28		13.230	151.50	305.00	98,000	24.20	3,510	3
6	4-07	07/06/2021	05/07/2021	28		13.215	152.00	304.00	95,000	23.30	3,380	3

OBSERVACIONES :

- Diseño de mezcla bajo condiciones de laboratorio.
- Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300,000 lbs.
- Dial utilizado para lectura de cargas: 300,000 lbs.
- Cilindros cabeceados según norma NTG-41067 (ASTM C-1231).
- Asentamiento de mezcla: primera mitad 110,0 mm. (4 ¼"); segunda mitad 150,0 mm. (6").
- Temperatura: primera mitad 24,4 °C; segunda mitad 23,4 °C.
- Diferencia en tiempo entre mitades: 2 horas.

BOSQUEJO DE TIPOS DE FRACTURA



El presente informe representa únicamente los resultados identificados en el mismo.

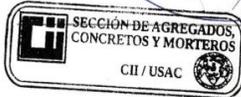
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

ATENTAMENTE,

Inga. Dilia Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
Edificio Emilio Beltrana, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC (2020). Norma COGUANOR NTG 41017 h1).

Anexo 9. Informe de ensayo a compresión para cilindros con junta fría de 4 horas



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN PARA CILINDROS DE CONCRETO
NORMA NTG - 41017 h1 (ASTM C-39)
INFORME SACM - 086/21
HOJA 1/1

No. 18336

O.T. No. 40467

INTERESADO:

Albin Fernando Montepeque Castro

PROYECTO:

Trabajo de graduación: "Comparación de la Resistencia a Compresión del Concreto con Presencia de Juntas Frías en el Plano Horizontal y con diferentes tipos de formación de Junta."

DIRECCIÓN:

10a. Calle 3-24 Altos de Barenas II Zona 3 Villa Nueva

RECEPCIÓN DE MUESTRA:

17 de febrero de 2020

EMISIÓN DE INFORME:

5 de julio de 2021.

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE RUPTURA	EDAD en días	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA ESTRUCTURA	PESO en kg	DIÁMETRO en mm	ALTURA en mm	CARGA en libras	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/pulg ²	TIPO DE FRACTURA
1	6-06	07/06/2021	10/06/2021	3	Control de calidad de diseño de concreto	13.250	152.50	305.00	50,000	12.20	1,770	2
2	7-06	07/06/2021	10/06/2021	3		13.180	151.75	304.00	44,500	10.90	1,580	2
3	16-06	07/06/2021	14/06/2021	7		13.290	151.25	305.00	60,000	14.80	2,150	2
4	17-06	07/06/2021	14/06/2021	7		13.315	151.75	307.00	71,000	17.50	2,540	2
5	5-07	07/06/2021	05/07/2021	28		13.240	151.50	305.00	96,000	23.70	3,440	3
6	6-07	07/06/2021	05/07/2021	28		13.325	151.00	306.00	92,000	22.80	3,310	3

OBSERVACIONES :

- Diseño de mezcla bajo condiciones de laboratorio.
- Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300,000 lbs.
- Dial utilizado para lectura de cargas: 300,000 lbs.
- Cilindros cabeceados según norma NTG-41067 (ASTM C-1231).
- Asentamiento de mezcla: primera mitad 50,0 mm (2"); segunda mitad 150,0 mm (6")
- Temperatura: primer mitad 23,9 °C; segunda mitad 23,4 °C.
- Diferencia en tiempo entre mitades: 4 horas.

BOSQUEJO DE TIPOS DE FRACTURA



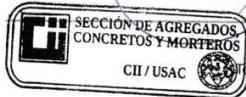
El presente informe representa únicamente los resultados identificados en el mismo. Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

ATENTAMENTE,

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC (2020). Norma COGUANOR NTG 41017 h1).

Anexo 10. Informe de ensayo a compresión para cilindros con junta fría de 24 horas



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN PARA CILINDROS DE CONCRETO
NORMA NTG - 41017 h1 (ASTM C-39)
INFORME SACM - 087/21
HOJA 1/1

No. 18337

O.T. No. 40467

INTERESADO:

Albin Fernando Montepeque Castro.

PROYECTO:

Trabajo de graduación: "Comparación de la resistencia a compresión del concreto con presencia de juntas frías en el plano horizontal y con diferentes tipos de formación de junta".

DIRECCIÓN:

10a. Calle 3-24 Altos de Barcenas II zona 3 Villa Nueva.

RECEPCIÓN DE MUESTRA:

17 de febrero de 2020

EMISIÓN DE INFORME:

06 de julio de 2021.

No CILINDRO OBRA	No CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE RUPTURA	EDAD en días	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA ESTRUCTURA	PESO en kg	DIÁMETRO en mm	ALTURA en mm	CARGA en libras	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/pig ²	TIPO DE FRACTURA
1	10-06	08/06/2021	11/06/2021	3	Control de calidad de diseño de concreto	13.200	152.25	305.00	50,000	12.20	1,770	6
2	11-06	08/06/2021	11/06/2021	3		13.150	152.00	305.00	45,000	11.00	1,600	6
3	18-06	08/06/2021	15/06/2021	7		13.285	152.00	306.00	68,000	16.70	2,420	6
4	19-06	08/06/2021	15/06/2021	7		13.145	152.25	305.00	65,000	15.90	2,310	1
5	07-07	08/06/2021	06/07/2021	28		13.175	152.75	305.00	100,000	24.30	3,530	6
6	08-07	08/06/2021	06/07/2021	28		13.130	151.75	304.00	96,000	23.60	3,420	2

OBSERVACIONES :

- Diseño de mezcla bajo condiciones de laboratorio.
- Muestras ensayadas en maquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300,000 lbs.
- Dial utilizado para lectura de cargas: 300,000 lbs.
- Cilindros cabeceados según norma NTG-41067 (ASTM C-1231).
- Asentamiento de mezcla: Primera mitad 50,0 mm. (2") ; Segunda mitad 95 mm. (3 ¾")
- Temperatura: Primera mitad 23,90 °C ; segunda mitad 23,40 °C.
- Diferencia en tiempo entre mitades: 24 Horas.
- Mezcla identificada por el interesado como: 24 Horas.

BOSQUEJO DE TIPOS DE FRACTURA



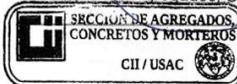
El presente informe representa únicamente los resultados identificados en el informe.
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

ATENTAMENTE,

Inga Dilma Yanet Mejicanos Jijón
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Vo.Bo.

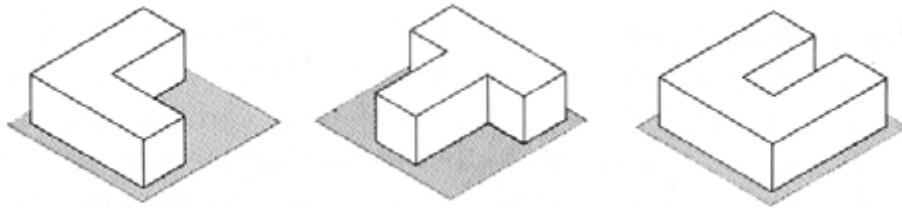
Inga Telma Marcela Cano Morales
Directora CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
Edificio Emilio Beltrán, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC (2020). Norma COGUANOR NTG 41017 h1).

Anexo 11. **Estructuras en forma de “L”, “T” y “U”**



Fuente: Warwick Massey y Les Megget (1992). *Architectural Design for Earthquake*.

