



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

**ANÁLISIS DE RIESGOS EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE  
EDIFICACIONES EN EL MUNICIPIO DE PATULUL, SUCHITEPÉQUEZ**

**Byron Leonel Barreda Herrera**

Asesorado por el la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Guatemala, septiembre de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE RIESGOS EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE  
EDIFICACIONES EN EL MUNICIPIO DE PATULUL, SUCHITEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**BYRON LEONEL BARREDA HERRERA**

ASESORADO POR LA INGA. DILMA YANET MEJICANOS JOL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2020

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. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
EXAMINADOR	Ing. Luis Estuardo Saravia Ramirez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

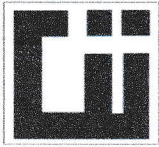
## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **ANÁLISIS DE RIESGOS EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE EDIFICACIONES EN EL MUNICIPIO DE PATULUL, SUCHITEPÉQUEZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería civil, con fecha 26 de octubre de 2017.

**Byron Leonel Barreda Herrera**



Guatemala, 06 de febrero de 2020

Ingeniero  
Wuillian Ricardo Yon Chavarría  
Área de Materiales y Construcciones Civiles  
COORDINADOR


Ingeniero Yon Chavarría

Me dirijo a usted para informarle, que he revisado el trabajo de graduación: **ANÁLISIS DE RIESGOS EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS EN EDIFICACIONES EN EL MUNICIPIO DE PATULUL, SUCHITEPÉQUEZ**, elaborado con el estudiante universitario Byron Leonel Barrera Herrera, quien contó con la asesoría de la suscrita.

Considerando que el trabajo desarrollado por el estudiante universitario Barrera Herrera, satisface los requisitos exigidos en el reglamento de graduación, por lo cual recomiendo su aprobación.

Atentamente,

*"Id y enseñad a todos"*

  
Inga. Civil Dilma Vanet Mejicanos Jol  
Col. 5947  
ASESORA

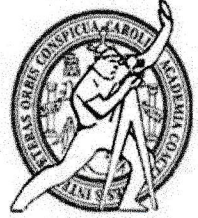




**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
 12 de febrero de 2020

Ingeniero  
 Pedro Antonio Aguilar Polanco  
 Director Escuela Ingeniería Civil  
 Facultad de Ingeniería  
 Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Aguilar.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **ANÁLISIS DE RIESGOS EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS EN EDIFICACIONES EN EL MUNICIPIO DE PATULUL, SUCHITEPÉQUEZ** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Byron Leonel Barrera Herrera, CUI 2089132620101 y No. De Registro Estudiantil 201114439 quien contó con la asesoría de la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol.

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 ENSEÑAR A TODOS



**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**AREA DE MATERIALES Y**  
**CONSTRUCCIONES CIVILES**  
**USAC**

Ing. Civil Wuillian Ricardo Yon Chavarría  
 Coordinador del Área de Materiales y  
 Construcciones Civiles

/mrrm.

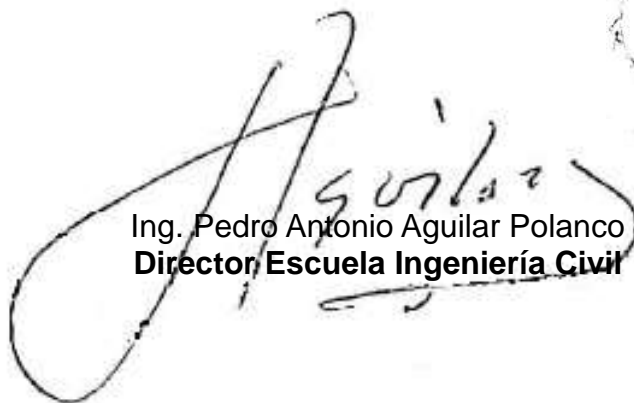




Guatemala, 25 de septiembre de 2020  
DEIC-TG-EIC-008-2020/paap

El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ingeniera Dilma Yanet Mejicanos Jol y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ingeniero Wuilliam Ricardo Yon Chavarría, al trabajo de graduación del estudiante Byron Leonel Barreda Herrera, **ANÁLISIS DE RIESGOS EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE EDIFICACIONES EN EL MUNICIPIO DE PATULUL, SUCHITEPÉQUEZ**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
**Director, Escuela Ingeniería Civil**



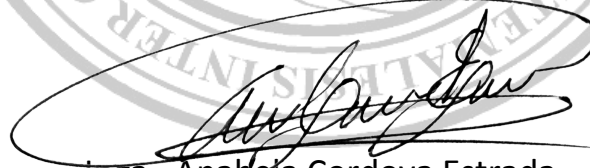
Interesado  
Asesor  
Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles



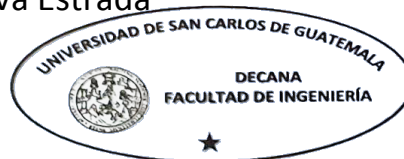
DTG. 262.2020.

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: **ANÁLISIS DE RIESGOS EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE EDIFICACIONES EN EL MUNICIPIO DE PATULUL, SUCHITEPÉQUEZ**, presentado por el estudiante universitario: **Byron Leonel Barreda Herrera**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, septiembre de 2020

AACE/asga



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser el dador de la vida y la fuente de sabiduría.
<b>Mis padres</b>	Julieta Marisol Herrera Toledo y Byron Giovanni Barreda Méndez, por ser un pilar en mi vida, por su sacrificio y amor incondicional.
<b>Mi esposa</b>	Susana Ruiz, la gran mujer que Dios puso en mi camino, con su ejemplo y fortaleza me da la luz para seguir en la vida.
<b>Mi hijo</b>	Marcelo Leonel. Por ser el ángel de mi vida.
<b>Mi abuela</b>	Clara Luz Toledo, por su amor incondicional y entrega en todo momento.
<b>Lic. Sergio Suchite</b>	Por sus sabios consejos, el amor y apoyo que me brindó, siempre estará presente en mi corazón.
<b>Mis hermanas</b>	Arua Suchite Herrera y Gimena Barreda, quienes me brindan su cariño y apoyo siempre.
<b>Mis familiares</b>	Por su cariño y apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Porque él es dueño y creador de todo cuanto existe, sin el nada soy, dándome el valor y la perseverancia para llegar a este momento.
<b>Mi asesora</b>	Dilma Mejicanos, por brindarme el apoyo y motivación necesaria en el proceso de investigación del presente proyecto.
<b>Mi suegra</b>	Karin García, por su ayuda cuando más lo he necesitado y por su amistad incondicional.
<b>Lic. Alejandro Coronado</b>	Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
<b>A mis compañeros</b>	Con los que un día iniciamos el camino para lograr nuestros sueños y poder alcanzar el objetivo trazado, en especial a Fabián Troncony, Marvin Mejía, Cesar Barrientos, José Barrera, Miguel Valiente, y Luis Lucero.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser el alma mater y guía en el proceso de mi formación.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	III
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1. MARCO CONCEPTUAL.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Muestreo constructivo.....	6
1.2.1. Procedencia de los materiales.....	6
1.2.2. Localización de los bancos de materiales .....	7
1.2.3. Tipos de bancos de materiales .....	8
1.3. Marco legal .....	9
1.3.1. Código de construcción .....	12
1.4. Dirección técnica .....	13
1.4.1. Normativo de construcción .....	14
1.4.2. Normativo de seguridad y riesgos .....	16
1.5. Diseño constructivo .....	17
1.6. Tipología constructiva.....	18
1.7. Evaluación de riesgo .....	23
1.7.1. Clasificación de riesgos .....	23
1.7.2. Caracterización de los riesgos.....	23
1.7.2.1. Riesgos naturales.....	26

1.7.2.2.	Riesgos de la propia obra .....	29
1.7.3.	Vulnerabilidades.....	30
1.7.4.	Amenazas .....	33
1.7.5.	Medidas preventivas .....	35
2.	MARCO PRÁCTICO .....	39
2.1.	Análisis físico y mecánico .....	39
2.1.1.	Agregado grueso y fino .....	41
2.1.2.	Blocks.....	43
2.1.3.	Ladrillo.....	47
2.1.4.	Acero estructural .....	49
2.1.5.	Cemento.....	51
2.1.6.	Concreto.....	52
3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	55
3.1.	Tabulación, análisis de resultados y costos de materiales.....	55
3.1.1.	Análisis de resultados .....	76
3.1.2.	Costos materiales evaluados .....	85
3.2.	Ventajas y desventajas de los materiales locales .....	92
	CONCLUSIONES.....	99
	RECOMENDACIONES .....	101
	BIBLIOGRAFÍA.....	103
	ANEXOS.....	107

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Edificio de la municipalidad de Patulul .....	2
2.	Inundación durante la Tormenta Stan, río Madre Vieja .....	4
3.	Mapa de las provincias geológicas y la geología de Guatemala.....	8
4.	Ubicación del municipio de Patulul, departamento de Suchitepéquez ...	18
5.	Tipos de viviendas ubicadas en la entrada a la colonia Santa Luisa, municipio de Patulul .....	20
6.	Edificios educativos municipio de Patulul.....	21
7.	Análisis de riesgo .....	24
8.	Dimensiones de blocks de concreto.....	46
9.	Ensayo de resistencia a compresión en cilindros de concreto.....	54
10.	Gráfica carga deformación varilla lisa $\varnothing$ 1/4" .....	68
11.	Gráfica carga deformación varilla $\varnothing$ 3/8" .....	69
12.	Gráfica carga deformación varilla $\varnothing$ 1/2" .....	70
13.	Tipos de fracturas en el ensayo a compresión de cilindros de concreto.	72
14.	Resultados resistencia a compresión blocks.....	79
15.	Resultados ensayo a compresión ladrillos 23 x 11 x 5 cm .....	81

### TABLAS

I.	Actores claves en el proceso de la edificación .....	14
II.	Municipio de Patulul, departamento de Suchitepéquez. Régimen de tenencia de la vivienda. Años: 2002 y 2012 .....	19

III.	Características de proyectos de construcción cabecera municipal de Patulul.....	22
IV.	Vulnerabilidad física de acuerdo al tipo de riesgo .....	28
V.	Vulnerabilidad física .....	32
VI.	Descripción y valor de la vulnerabilidad de acuerdo al rango .....	33
VII.	Parámetros habituales para caracterización de amenazas.....	34
VIII.	Resultados de disponibilidad de materiales de construcción, municipio de Patulul, departamento de Suchitepéquez.....	40
IX.	Clasificación de block de acuerdo a su resistencia, absorción y densidad (Norma NTG 41054).....	45
X.	Clasificación, designación y usos de los ladrillos de barro cocido (Norma NTG 41023) .....	48
XI.	Variaciones en la resistencia del concreto .....	53
XII.	Resultados de análisis para agregado grueso (Norma NTG 41007).....	56
XIII.	Resultados de análisis para agregado fino (Norma NTG 410007).....	57
XIV.	Resultados de análisis para ladrillos (Norma NTG 41022).....	59
XV.	Resultados de análisis para blocks (Norma NTG 41054).....	61
XVI.	Requisitos de límite de fluencia, resistencia a la tensión y elongación (Norma NTG 36011).....	67
XVII.	Resultados de análisis para varillas lisas Ø ¼” .....	68
XVIII.	Resultados de análisis para varillas Ø 3/8” .....	69
XIX.	Resultados de análisis para varillas Ø 1/2” .....	70
XX.	Características de las mezclas.....	73
XXI.	Resultados de análisis para mezclas de concreto M1 .....	73
XXII.	Resultados de análisis para mezclas de concreto M2 .....	74
XXIII.	Resultados de análisis para mezclas de concreto M3 .....	74
XXIV.	Resultados de análisis para mezclas de concreto M4 .....	75
XXV.	Resultados de análisis para mezclas de concreto M5 .....	75

XXVI.	Especificaciones de resistencia, absorción y densidad para blocks (Norma NTG 41054).....	79
XXVII.	Resumen de resultados de resistencia a compresión/ $f'_{C_{diseño}}$ 28 días .....	85
XXVIII.	Comparación precios de agregado fino ( $m^3$ ), capital-Patulul.....	88
XXIX.	Comparación precios de agregado grueso ( $m^3$ ), .....	88
XXX.	Comparación precios de blocks (unidad), capital-Patulul .....	89
XXXI.	Comparación precios de ladrillos (unidad), capital-Patulul .....	89
XXXII.	Comparación precios de cemento (saco), capital-Patulul.....	90
XXXIII.	Comparación precios de acero 1/4", capital-Patulul .....	90
XXXIV.	Comparación precios de acero 3/8", capital-Patulul .....	91
XXXV.	Comparación precios de acero 1/2", capital-Patulul .....	91
XXXVI.	Ventajas del uso de concreto .....	96





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>AG</b>	Aceros de Guatemala
<b>A</b>	Área
<b>DMP</b>	Dirección Municipal de Planificación
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>g</b>	Gramos
<b>h</b>	Hora
<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Kilogramos por centímetro cuadrado
<b>lb</b>	Libras
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>mm</b>	Milímetros
<b>MARN</b>	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
<b>%</b>	Porcentaje
<b>T</b>	Temperatura
<b>M1, M2, M3, M4 y M5</b>	Tipo de mezcla de concreto
<b>U</b>	Unidad



## **GLOSARIO**

<b>AGIES</b>	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
<b>Agregado</b>	Material inerte que unido con un aglomerante en una masa conglomerada, forma concreto o mortero. Estos se dividen, según su tamaño, en finos y gruesos, el límite es el tamiz de 4,75 mm de abertura.
<b>Antrópico</b>	Es el nombre con que se conoce todo aquello que resulta de la actividad humana y sus consecuencias. Recibe también el nombre de antropogénico y se refiere a los procesos que resultan de la actividad humana.
<b>ASTM</b>	Siglas en inglés de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society For Testing And Materials).
<b>Clima</b>	Fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado atmosférico y su evolución en un lugar determinado.

<b>COGUANOR</b>	Comisión Guatemalteca de Normas.
<b>CONRED</b>	Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres.
<b>Deslizamientos</b>	Comúnmente se refieren a toda clase de movimiento de tierra, flujos de lodo y agua o rocas a lo largo de una o varias pendientes, así como a flujos de barro que se movilizan desde las laderas de los volcanes (lahares).
<b>Erupciones volcánicas</b>	Explosiones o emanaciones de lava, material piro clástico, ceniza y gases tóxicos que emanan desde el interior de la tierra a través de los volcanes. Se producen por el calentamiento del magma en el interior de la tierra. Producen movimientos sísmicos, deslizamientos, deslaves, incendios y hasta tsunamis.
<b>Granulometría</b>	Es la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de un material, por medio de la composición en porcentajes de los diversos tamaños de agregado de una muestra.

<b>Inundaciones</b>	Es el desborde lateral del agua de los ríos, lagos, mares y represas, cubriendo temporalmente los terrenos bajos, adyacentes a sus riberas, llamadas zonas inundables. Suelen ocurrir en épocas de grandes precipitaciones, marejadas y maremotos (tsunami).
<b>Labores</b>	Conjunto de tierras de labor de un pueblo, perteneciente a varios vecinos. Terreno amplio donde hay muchas parcelas de cultivo pertenecientes a diversos propietarios.
<b>Proyecto de construcción</b>	de Conjunto de cálculos y planos que se hacen para planificar y ejecutar lo que ha de ser una obra de arquitectura o ingeniería.
<b>Tipología</b>	Es la ciencia que estudia los tipos o clases, la diferencia intuitiva y conceptual de las formas de modelo o de las formas básicas. La clasificación por tipología constructiva de las edificaciones se fundamenta en los materiales predominantes empleados en las paredes, techos y cubiertas por constituir el elemento básico que determina la calidad habitacional, vida útil y seguridad.

**Vulnerabilidad**

Es el grado de resistencia o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro. Se entiende como la incapacidad de una unidad social (personas, familias, comunidad, sociedad), estructura física o actividad económica, de anticiparse, resistir o recuperarse de los daños que le ocasionaría la ocurrencia de un peligro o amenaza.

## **RESUMEN**

Con el análisis de riesgos en los procesos constructivos en el municipio de Patulul, se identificó si dicha comunidad está realizando sus edificaciones de manera segura. También se determinó la procedencia de los materiales utilizados en las construcciones, evaluando si cumplen con las especificaciones de calidad, según las normas nacionales vigentes.

Se contó con el apoyo de la municipalidad de Patulul, para obtener la información necesaria sobre los proyectos aprobados y para ubicar las edificaciones en proceso, para determinar el cumplimiento de los materiales, metodología constructiva, la tipología utilizada y el avance a la fecha. También se evaluó la calidad del agregado (fino y grueso), bloques, ladrillos y acero, efectuando los ensayos pertinentes según las normas NTG y ASTM.

Al final se obtuvo información acerca de los riesgos en los procesos constructivos en el municipio de Patulul, de manera que se puedan dar recomendaciones, implementar o mejorar el uso de la normativa para evitar catástrofes por los factores ambientales, técnicos y materiales, que pongan en riesgo la vida de sus pobladores. Se espera que esta información sea útil a las autoridades y población estudiada para que disminuyan los riesgos, y se aumente la calidad en los procesos constructivos, y se realicen edificaciones seguras para los usuarios.





## **OBJETIVOS**

### **General**

Realizar el análisis de riesgos en los procesos constructivos en el municipio de Patulul, Suchitepéquez.

### **Específicos**

1. Analizar las posibles vulnerabilidades ambientales y geográficas del municipio de Patulul, Suchitepéquez.
2. Localizar las edificaciones que estén en fase inicial o intermedia de su levantamiento en dicho municipio.
3. Investigar si los propietarios de las edificaciones llevadas a cabo, cuentan con licencia y ayuda técnica que los avale para realizar la construcción.
4. Determinar si la tipología y diseños estructurales en los procesos constructivos son los adecuados para la región en base a sus vulnerabilidades.
5. Establecer la procedencia de los materiales de construcción utilizados por las personas de la comunidad.
6. Examinar si los materiales de construcción cumplen con las características físicas y propiedades mecánicas mínimas según sus normas.



## INTRODUCCIÓN

La vulnerabilidad de las construcciones ante una potencial amenaza de la naturaleza es evidente, aspectos como la ubicación, especificaciones de construcción, diseño y resistencia de materiales, entre otros influyen en su impacto.

En el municipio de Patulul no se han realizado estudios para conocer y prevenir situaciones que pongan en riesgo a las edificaciones y usuarios; es necesario conocer la situación de la comunidad ante los riesgos y vulnerabilidades que enfrentan, por esta razón se realizó el presente trabajo. Con esto se pretende determinar si se están realizando las construcciones de manera segura, así como la influencia que los materiales y procesos de construcción tienen en las edificaciones y en la reducción de los riesgos relacionados.

El documento incluye el marco conceptual del estudio, brindando información importante sobre materiales y bancos evaluados de abastecimiento, el marco legal, la dirección técnica, el diseño y tipologías constructivas en el municipio de Patulul. También se desarrolla el tema de la evaluación de riesgos, vulnerabilidades, amenazas y medidas preventivas en la zona de interés.

El marco práctico del trabajo presenta el análisis físico y mecánico de los diferentes materiales de construcción evaluados, la tabulación y análisis de los resultados, así como el análisis de las ventajas y desventajas de los mismos. Al final se presentan las conclusiones y recomendaciones elaboradas de acuerdo a los resultados obtenidos.



# 1. MARCO CONCEPTUAL

## 1.1. Antecedentes

El municipio de Patulul se encuentra conformado por seis parajes, tres zanjones, cinco quebradas y el Volcán de Atitlán, su clima es en general tropical; cálido y húmedo en invierno, y seco en verano. Es uno de los 20 municipios que conforman el departamento de Suchitepéquez, al sur occidente del país, su ubicación es longitud 91°09'50" y latitud 14°25'20", a una distancia de 60 km de la cabecera departamental y a 119 km de la ciudad capital.

Patulul tiene una extensión territorial de 332 kilómetros cuadrados, con una altura de 178 metros sobre el nivel del mar. Sus principales ríos son: Madre Vieja, El Zarco y El Coyolate, que sirven de línea divisoria con los poblados cercanos; además existen otros de pequeña afluencia.

De acuerdo con las proyecciones del INE, para el año 2018 el municipio cuenta con una población de más de 49 000 habitantes, de estos el 62,3 % se encuentra en el área rural y en el área urbana el 37,7 % restante, con una densidad de población de 130 habitantes por kilómetro cuadrado.

En el municipio se dispone de un Centro de Atención Permanente y un Centro de Salud, ambas instituciones comparten el edificio; en el perímetro también se encuentran el Hospital del IGSS y clínicas privadas de atención médica.

Figura 1. **Edificio de la municipalidad de Patulul**



Fuente: elaboración propia, municipio de Patulul.

- Eventos naturales hidrometeorológicos, que han afectado al municipio en los últimos años.
  - Tormenta Mitch: este fenómeno ocurrido entre la última semana de octubre y la primera de noviembre de 1998, afectó de gran manera el territorio nacional, ocasionando lluvias torrenciales, inundaciones, deslizamientos y vientos de diferentes intensidades.

El barrio San Rufino Cocales del municipio, fue fuertemente afectado por el río Madre Vieja, destrozando las viviendas de los habitantes, y el reporte de varios desaparecidos.

- Tormenta tropical Stan: este fenómeno ocurrido en el mes de octubre de 2005, afectó a 15 de los 22 departamentos de Guatemala. Dicho fenómeno fue considerado huracán de categoría 1, provocando deslizamientos en las zonas montañosas, desbordes de ríos e inundaciones en la zona costera del pacífico.

Las lluvias torrenciales derivadas de la tormenta Stan provocaron el desbordamiento del río Madre Vieja, el cual causó estragos en carreteras, caminos de acceso a comunidades, cultivos y daños estructurales en viviendas de las colonias Llano Verde, El Progreso, cantón Luisana en Cocales y barrio El Triunfo sector Madre Vieja.

Los vecinos del barrio El Triunfo denunciaron lentitud en proyectos de viviendas que el Gobierno prometió a las personas afectadas, estas tuvieron que abandonar los alberges y se vieron obligados a regresar a sus casas dañadas por el río Madre Vieja. Esta no es la primera vez que son afectadas las poblaciones y habitantes que viven a orillas del río, y no se han tomado medidas preventivas para evitar estas catástrofes en cada tormenta.

- Tormenta Agatha: este fenómeno ocurrió en el mes de mayo de 2010, dicha tormenta ingreso por la cuenca del océano Pacífico, esta condición propició la entrada de abundante humedad al territorio nacional, registrándose lluvias torrenciales en la mayor parte de la república. El Gobierno Central a través del Consejo

Nacional de la Reducción de Desastres; declaró “Estado de Calamidad Pública” en todo el país.

Dichas precipitaciones, causaron el desborde del río Madre Vieja; provocando inundaciones, deslizamientos y derrumbes, ocasionando pérdidas humanas y materiales.

En el municipio de Patulul, se vieron afectadas las comunidades de Llano Verde, El Triunfo, San Rufino, Cocales, Santa Luisa y Luisiana. Dichas personas fueron evacuadas y situadas en albergues.

Figura 2. **Inundación durante la tormenta Stan, río Madre Vieja**



Fuente: elaboración propia, municipio de Patulul.



- Eventos sociales que han afectado al municipio: los factores y causas relacionados con estos eventos son principalmente la pobreza, demografía del terreno, degradación ambiental, asentamientos marginales en zonas de alto riesgo, entre otros.

La destrucción que dichos eventos han provocado, se asocia a los materiales utilizados en las viviendas afectadas, pues no llenan requisitos de calidad, la falta de guía técnica en la aplicación y la ubicación precaria de las viviendas en zonas de alto riesgo.

El desordenado crecimiento poblacional en el municipio, ha obligado a los pobladores a construir en áreas de alto riesgo, manifestando un peligro para sus vidas y a la comunidad en general.

De acuerdo con la Dirección Municipal de Planificación de la municipalidad de Patulul: alrededor del 40 % de la población está ubicada en sectores no aptos para la vivienda, debido a que los sectores en riesgo no están identificados por las autoridades, es decir; que no existe un plan de ordenamiento territorial y urbano encargado de establecer áreas para las viviendas en el municipio, mucho menos planes de mitigación de riesgos.

El hecho de que no se cumpla con el código de construcción, y la carencia de normativos de construcción de la mano con el normativo de seguridad y riesgos, señala una alta deficiencia en construcción y ubicación de las viviendas al margen del río Madre Vieja.

## **1.2. Muestreo constructivo**

Se seleccionaron tres características para determinar de forma amplia y representativa el muestreo en los procesos constructivos para las edificaciones del municipio de Patulul, las que se presentan a continuación.

### **1.2.1. Procedencia de los materiales**

La procedencia es la fuente u origen de donde se obtienen las materias primas de los materiales manufacturados empleados en construcciones u obras civiles. La procedencia de los materiales es una parte importante en la construcción de edificaciones, debido a que puede afectar de forma directa los costos de los materiales por el traslado y tiempo de entrega.

Los pobladores del municipio de Patulul, obtienen sus materiales de construcción en distintos puntos de ventas, por ejemplo: ferreterías y distribuidoras. Estos comercios a su vez adquieren sus productos en bancos de materiales controlados o no controlados, manufacturados artesanal o industrialmente.

Los materiales manufacturados artesanal o industrialmente, consisten en la transformación de la materia prima en productos manufacturados a gran escala. Estos a su vez deben de provenir de materias primas abundantes, de bajo costo y que consuman poca energía al fabricarlos, por ejemplo: ladrillos de barro, blocks, barras de acero, entre otros.

Los materiales que comúnmente se obtienen en bancos de materiales controlados se sitúan en las cercanías del municipio; los bancos de materiales son las excavaciones a cielo abierto destinadas a extraer material para diferentes

usos; están constituidos por roca o material granular como arena, arcilla o grava, importantes por ser utilizados en la construcción.

### **1.2.2. Localización de los bancos de materiales**

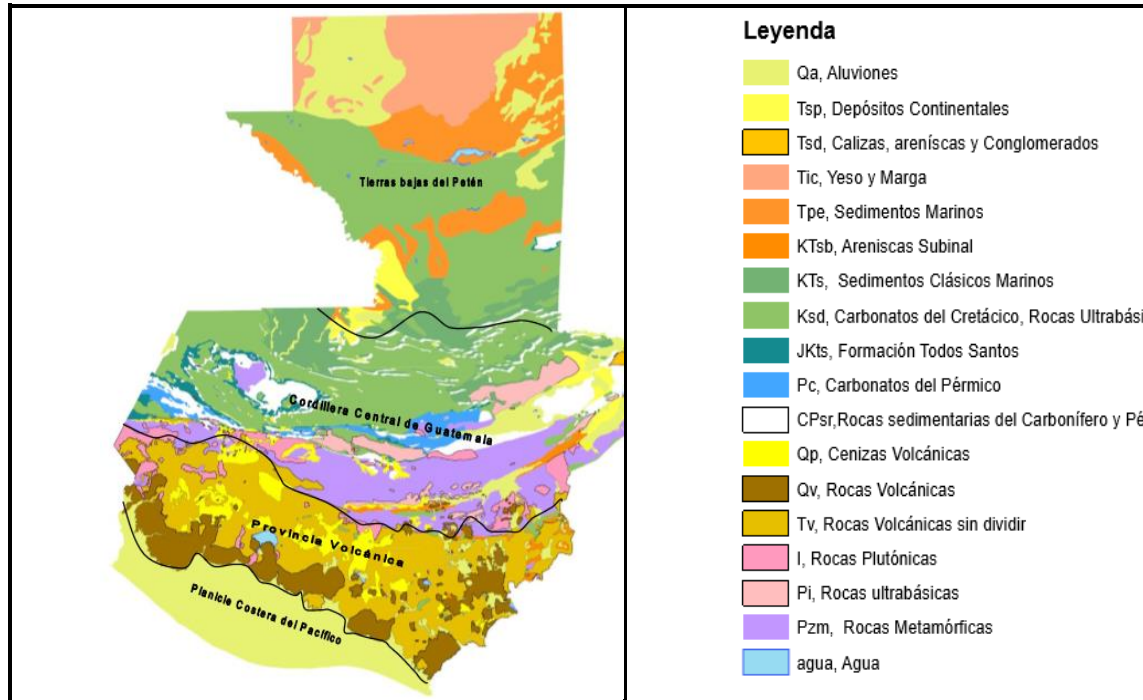
El banco de materiales bajo estudio se ubica en el municipio de Siquinalá, departamento de Escuintla, en el suroccidente de la República de Guatemala, no muy distante de la cabecera departamental, en el km. 72 Carretera Mazatenango, interior finca Guachipilín, Escuintla, Guatemala.

El departamento de Escuintla colinda al norte con el departamento de Sacatepéquez y Chimaltenango; al este con Santa Rosa; al sur con el océano Pacífico; al oeste con el departamento de Suchitepéquez. Su extensión territorial es de 4 384 kilómetros cuadrados, contando con catorce municipios. La cabecera departamental se encuentra a una altitud de 343 metros sobre el nivel del mar.

La distancia de la ciudad capital a Escuintla es de 65 kilómetros. Las principales carreteras que atraviesan el departamento de Escuintla son: la ruta nacional 10 procedente de San Lucas Sacatepéquez a Santa Lucía Milpas Altas; la carretera interamericana CA-9 procedente de la ciudad de Guatemala hacia Escuintla; así como otras de importancia relativa menor.

Para el presente estudio se tomaron muestras en la planta de agregado fino y de agregado grueso, los que se trasladaron y evaluaron en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, USAC.

Figura 3. **Mapa de las provincias geológicas y la geología de Guatemala**



Fuente: elaboración propia, empleando ArcGis.

### 1.2.3. Tipos de bancos de materiales

Los materiales utilizados comúnmente en la construcción como suelos, rocas, gravas, arenas, entre otros, normalmente son extraídos y procesados de bancos de materiales, que se encuentran en estado natural en principio. Para clasificar un banco de materiales se pueden considerar dos criterios: el tipo de obra donde se usará el material y la calidad, además del costo del material.

De acuerdo con el material y tipo de obra en la que se utilizará el material, los bancos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Banco de materiales para terracerías
- Banco de materiales para subbase y base
- Banco de materiales para subrasante
- Banco de materiales para concretos asfálticos o hidráulicos
- Banco de materiales para morteros

### **1.3. Marco legal**

Es importante comprender que todo proyecto debe regirse ante las leyes de Guatemala, por lo que se hace mención acerca de las leyes vigentes que involucran lo que son los procesos constructivos y la gestión de riesgos.

- Constitución Política de la República de Guatemala
  - Artículos 1, 2 y 3 establecen que el Estado de Guatemala es una organización con el fin supremo de proteger y garantizar a las personas y a las familias, la vida, la seguridad, la integridad, la realización del bien común y el desarrollo integral.
  - Artículo 105. Este da a conocer que la vivienda es un derecho reconocido y respaldado a nivel nacional, porque este dignifica a la persona y le brinda condiciones de seguridad y salubridad. Es por

ello que, a través de ciertas entidades, se brinda apoyo para la planificación y construcción de conjuntos habitacionales, estableciendo sistemas de financiamiento para que la mayoría de personas puedan adquirir diferentes programas, de igual forma los trabajadores puedan optar a viviendas que llenen las condiciones de salubridad. Quedando los propietarios de las empresas obligados a proporcionar a sus trabajadores viviendas que cumplan los requisitos anteriores.

- Artículo 119. Obligaciones del Estado: son obligaciones fundamentales del estado como lo dice el inciso g, “Fomentar con prioridad la construcción de viviendas populares, mediante sistemas de financiamiento adecuados a efecto que el mayor número de familias guatemaltecas las disfruten en propiedad. Cuando se trate de viviendas emergentes o en cooperativa, el sistema de tenencia podrá ser diferente.”<sup>1</sup>
- Decreto 68-86 (y sus modificaciones contempladas en el Decreto 90-2000), Estos decretos contemplan la protección y mejoramiento del medio ambiente.
- Decreto Número 120-96. Señala el cumplimiento de la Constitución Política de la República de Guatemala, que, por medio del Estado, las familias guatemaltecas disfruten de una vivienda adecuada, y sobre todo la creación de un marco legal que oriente las acciones y permita la participación en conjunto de las instituciones y los sectores sociales.

---

<sup>1</sup> Constitución Política de la República de Guatemala. *Art. 119. Obligaciones del Estado.* p. 47.

- Decreto Legislativo 109-96. Este decreto contempla la reducción de desastres de origen natural o provocado.
- Decreto Número 12-2002. Este decreto contempla el Código Municipal y sus reformas.
- Decreto Ley Número 106. Este decreto contempla el Código Civil.

Desde agosto de 2014, la municipalidad de Patulul aprobó el Reglamento de autorización de construcción del municipio de Patulul, departamento de Suchitepéquez. La Dirección Municipal de Planificación de la municipalidad es la responsable de la aplicación del reglamento, el que regula todas las actividades de construcción que se realizan en el municipio. Se divide de la siguiente manera:

- Capítulo uno. Disposiciones generales
- Capítulo dos. Licencias municipales
- Capítulo tres. Normas generales de construcción
- Capítulo cuatro. Del uso de la vía pública
- Capítulo cinco. Tasa municipal
- Capítulo seis. Infracciones y sanciones
- Capítulo siete. Disposiciones finales

- Capítulo ocho. De las impugnaciones
- Capítulo nueve. Disposiciones transitorias y derogatorias

### **1.3.1. Código de construcción**

Los códigos o reglamentos de construcción son documentos aplicables a las construcciones desde su planificación, construcción, supervisión y mantenimiento, permiten establecer los criterios mínimos de seguridad y calidad de la edificación; buscan garantizar sobre todo la seguridad y calidad de las obras que se construyen en el municipio.

Deben incluir normas y estándares de construcción adecuados para resistir eventos de alto riesgo; los códigos de construcción son obligatorios en muchos países desarrollados.

Los códigos de construcción se dividen en función de su objetivo de la siguiente manera:

- Regular la seguridad estructural.
- Regular el confort y bienestar de los usuarios (aislamiento acústico, calefacción).
- Regular los requisitos mínimos de seguridad que debe disponer una construcción.

En Guatemala se recomienda para la elaboración de un reglamento de construcción incorporar las Normas para la Reducción de Desastres de la



Secretaría Ejecutiva de CONRED y las normas sugeridas por la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES).

#### **1.4. Dirección técnica**

La organización política del municipio de Patulul, departamento de Suchitepéquez es: la cabecera Municipal, 10 caseríos, 7 colonias, 10 barrios, 53 fincas y 6 labores.

De acuerdo con el artículo 95 del Código Municipal, la Dirección Municipal de Planificación (DPM), es la encargada de coordinar y consolidar los diagnósticos, planes, programas y proyectos de desarrollo del municipio con apoyo sectorial de los ministerios del organismo ejecutivo. Las autoridades municipales tienen la responsabilidad de llevar a cabo el desarrollo normativo, su cumplimiento y aplicación.

En los proyectos de construcción, la Dirección Técnica es la responsable de la gestión de los recursos, el control de los gastos, la supervisión de los diferentes actores involucrados en el desarrollo y ejecución en un tiempo determinado.

Las responsabilidades de la Dirección Técnica de los proyectos varían de acuerdo con las características de cada uno. Especial atención merece la revisión de los planos y respectivas memorias de cálculo de los componentes del proyecto.

Tabla I. **Actores claves en el proceso de la edificación**

<b>Autoridades locales</b>	<b>Marco normativo</b>	<b>Proyecto y ejecución de obra</b>	<b>Usuario – propietario</b>	<b>Proveedores de insumos</b>
Marco normativo actualizado.	Códigos reglamentos de construcción.	Diseñador	Conservación y mantenimiento.	Productos de calidad.
Supervisión, vigilancia en el cumplimiento del marco normativo (permisos y licencias, visto bueno de ocupación, uso del suelo, otros).	Reglamentos de fraccionamientos.	Constructor – desarrollador.	Pago de derechos.	Productos certificados.
Proveer infraestructura y servicios.	Normas estándares.	Perito o responsable de la obra.		Participación en desarrollo de normas.

Fuente: elaboración propia.

La Dirección Municipal de Planificación de la municipalidad de Patulul es responsable de la aplicación del Reglamento de autorización de construcción, que regula todas las actividades de construcción que se realizan en el municipio.

#### **1.4.1. Normativo de construcción**

El objetivo de los proyectos de construcción es conseguir obras que cumplan con las condiciones de seguridad, estabilidad, habitabilidad o uso, salubridad, accesibilidad y un diseño adecuado. Para esto son necesarias normas obligatorias o de referencia, especificaciones técnicas, reglamentos u otros instrumentos que regulan los mínimos de seguridad y calidad para la construcción de edificios en general o cualquier estructura artificial, inclusive especialmente las viviendas.

Los normativos de construcción son instrumentos que contribuyen al desarrollo sustentable, generalmente se redactan con la intención de que sean aplicados por arquitectos e ingenieros, inspectores de seguridad y ambientales, los contratistas de obras o cualquier especialista que tenga que valorar alguna cualidad de la construcción de la obra civil.

A continuación, se presentan algunas normas nacionales relacionadas con la reducción de desastres y seguridad estructural:

- Norma N<sup>o</sup>.1 –NRD1-. Esta norma contempla los requerimientos estructurales para obras críticas, esenciales e importantes.
- Norma N<sup>o</sup>. 2 –NRD2-. Esta norma contempla lo mínimo de seguridad en edificaciones e instalaciones de uso público.
- Norma N<sup>o</sup>. 3 –NRD3-. Esta norma contempla las especificaciones técnicas para materiales de construcción.
- Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la República de Guatemala. AGIES NSE 1-10 Generalidades, administración de las normas y supervisión técnica.

El capítulo tres del Reglamento de Autorización de Construcción del municipio de Patulul, departamento de Suchitepéquez se refiere a las normas generales de construcción; incluyen los capítulos de banquetas, alineación, servicios públicos, agua y alcantarillado, parqueos y urbanizaciones.

#### **1.4.2. Normativo de seguridad y riesgos**

Existen instrumentos que contribuyen al desarrollo sustentable en las construcciones: edificios, obras de infraestructura, conjuntos habitacionales, entre otros; el uso de especificaciones o normas de seguridad y riesgo, en las diferentes fases de los proyectos de construcción representa varias ventajas económicas y sociales.

De acuerdo con el Código Municipal, artículo 72; el municipio debe regular y prestar los servicios públicos municipales de su circunscripción territorial y, por lo tanto, tiene competencia para establecerlos, mantenerlos, ampliarlos y mejorarlos, en los términos indicados en los anteriores, garantizando un funcionamiento eficaz, seguro y continuo y, en su caso, la determinación y cobro de tasas y contribuciones equitativas y justas.

A continuación, se presentan algunas normas y regulaciones relacionadas con este tema:

- Normas de construcción COGUANOR, AGIES, CONRED.
- Índice de Seguridad para los Centros Educativos.
- Índice de Seguridad para Hospitales.
- Manual de normas y criterios para diseños arquitectónicos de establecimientos educativos.
- Instituciones, códigos o reglamentos internacionales aplicables.

## **1.5. Diseño constructivo**

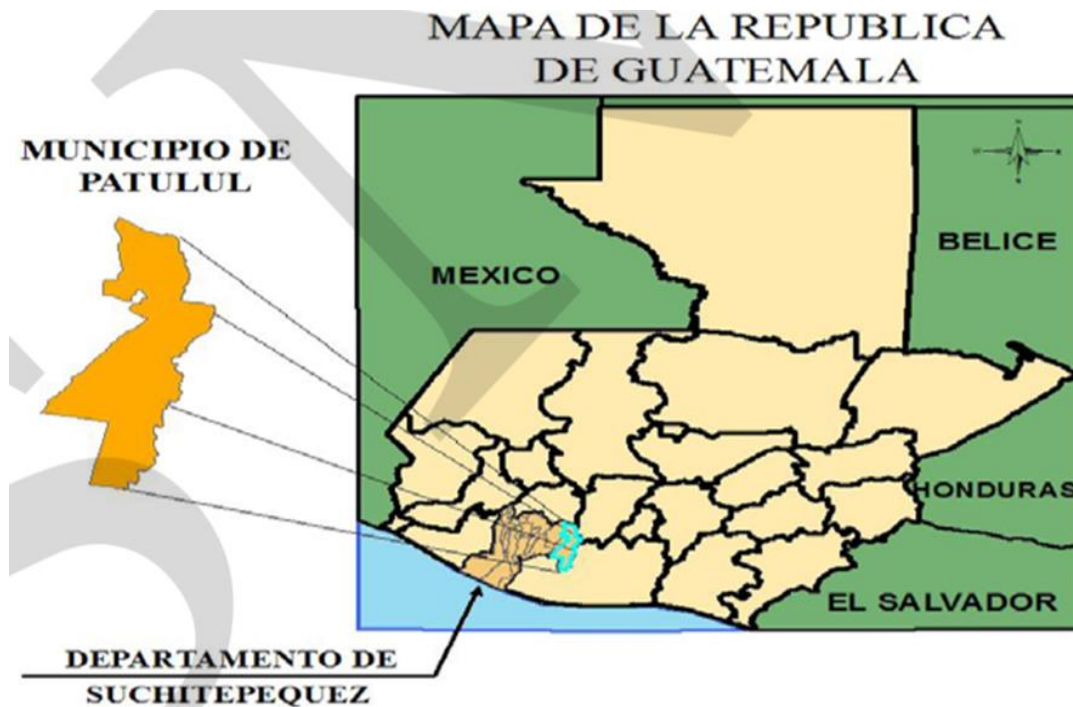
En cualquier proyecto de construcción la fase de diseño tiene una gran importancia; los diseños arquitectónico y estructural deben apoyarse y cumplir con las especificaciones que apliquen, de acuerdo con el tipo de edificación y bajo la responsabilidad de un profesional.

De manera general la construcción se relaciona con proyectos de vivienda, infraestructura sanitaria, telecomunicaciones, transporte, instalaciones de electricidad, entre otros; estos deben brindar un nivel de seguridad acorde con el objetivo de protección definido para el proyecto.

Por ejemplo, los hospitales se construyen con un nivel de protección que procure la continuidad de su funcionamiento en situaciones de desastre; su diseño debe realizarse con un cuidado mucho mayor al empleado para diseños más convencionales (edificaciones para viviendas y oficinas), porque la filosofía de la mayoría de las normas sismo resistentes o frente a inundaciones y velocidad del viento busca proteger la vida de los ocupantes de las edificaciones y no asegura la continuidad de su funcionamiento.

Debido a que el municipio de Patulul se ubica en una región afectada por diversos fenómenos naturales, los que incluyen actividad sísmica y volcánica, así como eventos hidrometeorológicos (las tres quintas partes del municipio es terreno montañoso y quebrado); es necesario que las construcciones que se realicen en este municipio se hagan de manera profesional evitando la construcción empírica, bajo las especificaciones y regulaciones que la municipalidad determine en cada caso.

Figura 4. **Ubicación del municipio de Patulul, departamento de Suchitepéquez**



Fuente: Plan de Desarrollo Patulul, Suchitepéquez, 2011-2025. p.11.

## 1.6. Tipología constructiva

En el municipio de Patulul se utilizan diferentes tipologías constructivas, de acuerdo con la zona que se considere (urbana o rural), siendo un factor importante en esto, la condición económica de los usuarios o propietarios de las edificaciones.

Tabla II. **Municipio de Patulul, departamento de Suchitepéquez.**  
**Régimen de tenencia de la vivienda. Años: 2002 y 2012**

Tenencia	Censo 2002		Encuesta 2012	
	Viviendas	%	Viviendas	%
Propia	3,224	54	426	69
Arrendada	958	16	110	18
Cedida	1,406	23	47	8
Otra	409	7	33	5
Total	5,997	100	616	100

Fuente: MANSILLA CRUZ, Oscar Manuel. Municipio de Patulul departamento de Suchitepéquez. *Diagnóstico administrativo municipal*. p. 26.

En las construcciones del municipio se pueden identificar dos tipos de componentes principales:

- Componentes estructurales: elementos que forman parte del sistema resistente de la estructura: columnas, vigas, muros, fundaciones, losas y otros.
- Componentes no estructurales: elementos que no forman parte del sistema resistente de la estructura, como elementos arquitectónicos (fachadas, particiones interiores, estructuras de techumbre, entre otros), equipos y sistemas.

En la cabecera el tipo de vivienda que prevalece es la caracterizada como casa formal, construida con paredes de block, techo de lámina y piso de torta de cemento. El material predominante en las paredes exteriores de las viviendas es

el block, en sustitución a la madera y a la lepa o caña, lo que refleja una mejor infraestructura en las viviendas del municipio.

Figura 5. **Tipos de viviendas ubicadas en la entrada a la colonia Santa Luisa, municipio de Patulul**



Fuente: elaboración propia, municipio de Patulul.

Los techos de las viviendas son principalmente de concreto y lámina metálica; en cuanto a pisos, el material más utilizado es el concreto, sin embargo, aún se usa tierra.



Figura 6. **Edificios educativos municipio de Patulul**



Instituto Básico por Cooperativa, Eduardo Torres.



Escuela Oficial Rural Mixta, Barrio El Triunfo.

Fuente: elaboración propia, municipio de Patulul.

Para propósitos de este trabajo se realizó una investigación a una muestra de construcciones en ejecución en la cabecera municipal, los resultados se presentan a continuación:

Tabla III. **Características de proyectos de construcción cabecera municipal de Patulul**

No. de proyecto	Tipo de construcción	Ubicación	Responsable	Licencia de construcción	Estado/fase de la obra	Sistema constructivo
1	Residencial	Barrio de Las Flores	Maestro de obra (supervisión profesional).	No	Resane de losa, aplicación de acabados.	Mampostería reforzada.
2	Residencial, comercial	Barrio San Antonio	Maestro de obra.	No	Cimentación	Marcos estructurales y mampostería reforzada.
3	Residencial	Barrio San Antonio	Maestro de obra.	Si	Levantado de muros, armado de columnas y vigas.	Marcos estructurales, losa nervurada y mampostería reforzada.
4	Comerciales	El Triunfo	Maestro de obra.	Si	Armado de losa, vigueta y bovedilla.	Marcos estructurales, losa nervurada y mampostería reforzada.
5	Residencial, comercial	San Pedrito	Maestro de obra (supervisión profesional).	Si	Acabados, instalaciones.	Marcos estructurales y mampostería reforzada.
6	Residencial, comercial	San Pedrito	Maestro de obra (supervisión profesional).	Si	Cimentación	Marcos estructurales, losa maciza y mampostería reforzada.

Fuente: elaboración propia.

## **1.7. Evaluación de riesgo**

La evaluación y estimación del riesgo, incluyen el conjunto de acciones y procedimientos que se realizan en un área geográfica, a fin de levantar información sobre la identificación de los peligros naturales o tecnológicos y el análisis de las condiciones de vulnerabilidad, para determinar o calcular el riesgo esperado (probabilidades de daños: pérdidas de vida e infraestructura).

Al final de este proceso se pueden recomendar las medidas de prevención (de carácter estructural y no estructural) adecuadas, con la finalidad de mitigar o reducir los efectos de los desastres, ante la ocurrencia de un peligro o peligros previamente identificados.

### **1.7.1. Clasificación de riesgos**

Los riesgos son la combinación de amenazas naturales, vulnerabilidades sociales y deficiencias en las medidas de preparación. Un riesgo es una situación de pérdida potencial de bienes materiales o de amenaza potencial a la integridad humana; esto es algo que no ha ocurrido, pero que si ocurre tendrá consecuencias económicas y sociales.

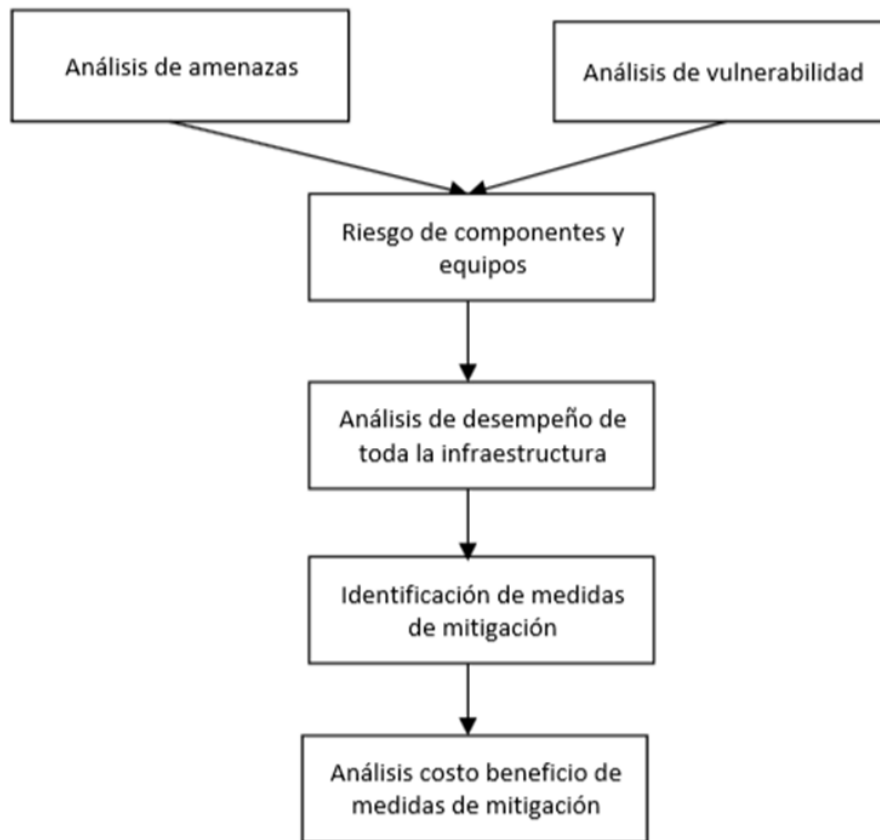
Existen diferentes tipos de riesgos, se pueden clasificar de diferentes formas de acuerdo con el criterio que se utilice.

### **1.7.2. Caracterización de los riesgos**

La evaluación de riesgos tiene por finalidad identificar aquellas amenazas naturales que podrían tener impacto sobre la zona urbana y su área de

expansión, constituyendo en consecuencia una amenaza para el desarrollo urbano de un centro poblado.

Figura 7. **Análisis de riesgo**



Fuente: elaboración propia.

Es básico y fundamental delimitar el alcance del estudio de riesgo, se debe definir la infraestructura como objeto del estudio, definir una amenaza de interés (inundación, deslizamiento, sismo, otra) o bien un territorio delimitado. Llevar a cabo un análisis de riesgo, requiere la participación de diferentes profesionales, actores e instituciones.

Los riesgos a los cuales están propensos los procesos constructivos en el municipio de Patulul, departamento de Suchitepéquez son los siguientes.

- Riesgos convencionales
  - Incendios: pueden ser causados por falta de equipos para combatir incendios en la obra, presencia de materiales combustibles, poco control de las fuentes de calor, falta de inspección adecuada y falta de orden y limpieza.
  - Caída de un rayo: este riesgo se ve agravado por la presencia en grúas y mástiles. Puede causar daños especialmente en transformadores y edificaciones que superen en altura a otras próximas.
  - Explosión: el uso de transformadores, calderas, compresores, entre otros, que pueden ocasionar este riesgo.
  - Robo: es un riesgo debido a que en muchos procesos constructivos no se cuenta con un sistema de almacenamiento seguro.
- Riesgos de fuerza mayor
  - Vientos, tempestades y huracanes: durante el proceso constructivo se está propenso a estos fenómenos, ya que solo se protege de estos a las obras terminadas.
  - Inundaciones y daños por agua: la ocurrencia de fenómenos hidrológicos provoca un riesgo debido a la ubicación de las obras,

almacenes u otras instalaciones en lugares con posible amenaza por crecidas.

Un riesgo natural, es generado por un fenómeno natural, como terremoto, maremoto, inundación, deslizamiento, aluviones y sequía entre otros: mientras que un riesgo tecnológico es generado por la actividad humana, tales como incendios urbanos o forestales, explosión y contaminación ambiental, entre otros.

Para el presente estudio se identificaron y analizaron los riesgos en procesos constructivos de edificaciones en el municipio de Patulul, departamento de Suchitepéquez considerando principalmente su vulnerabilidad física.

La vulnerabilidad física se relaciona con la calidad o tipo de material utilizado y el tipo de construcción de las edificaciones (viviendas, establecimientos comerciales e industriales y de servicios e infraestructura socioeconómica (carreteras, puentes, entre otros), para asimilar los efectos del peligro.

#### **1.7.2.1. Riesgos naturales**

Se entiende por riesgos naturales, aquellos fenómenos climatológicos, hidrológicos, geológicos que por razones al lugar en que ocurren y por su severidad y frecuencia, pueden afectar adversamente a los seres humanos, a sus estructuras o actividades. Los riesgos naturales se han visto también incrementados en las últimas décadas por la influencia de las actividades del hombre.

En inundaciones y deslizamientos, la vulnerabilidad física se expresa también en la localización de los centros poblados en zonas expuestas al peligro en cuestión.

De acuerdo con la información existente, el área urbana del municipio de Patulul es una zona con desarrollo y evolución urbana, con un tránsito vehicular continuo, por lo que en la zona existen los siguientes problemas de contaminación ambiental relacionados:

- Contaminación del aire provocado por las emisiones de gases tóxicos de los vehículos motorizados, ocasionando problemas respiratorios y dérmicos a la población del municipio.
- Contaminación del suelo provocado por los residuos sólidos en algunos puntos del municipio.
- Contaminación sonora, provocado por los vehículos motorizados y la construcción de edificaciones realizadas en el municipio.

Tabla IV. **Vulnerabilidad física de acuerdo con el tipo de riesgo**

<b>Tipo de riesgo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Área de incidencia en el municipio</b>
Sismo	Es la liberación súbita de energía mecánica generada por el movimiento de grandes columnas de rocas en el interior de la Tierra, entre su corteza y manto superior y, se propaga en forma de vibraciones, a través de las diferentes capas terrestres, incluyendo los núcleos externos o internos de la Tierra.	Este peligro se ubica en todo el municipio, ya que se ubica en una zona de una actividad sísmica media.
Inundación	Las inundaciones son fenómenos que ocurren cuando aumenta el nivel de agua ya sea en ríos o lagos, cubriendo de agua las regiones próximas o vecinas.	El municipio se ubica en una zona con altos índices de precipitación pluvial. Planicies de inundación u orillas de ríos y quebradas.
Deslizamiento	Es el desplazamiento lento y progresivo de una porción de terreno, más o menos en el mismo sentido de la pendiente, que puede ser producido por diferentes factores como la erosión del terreno o filtraciones de agua.	Construir sobre terrenos firmes y compactos. No hacerlo sobre rellenos mal compactados, en laderas, ni al pie de las mismas.
Actividad volcánica	Es la expulsión por presión de material concentrado en estado de fusión, desde la zona magmática en el interior de la Tierra a la superficie. Hay diferentes tipos de actividad volcánica, en función de mecanismos de expulsión del material y por la forma de los mismos, así como por su composición mineralógica.	No existen materiales de construcción ni medidas de ingeniería, que puedan impedir graves daños y destrucciones en el caso de una erupción volcánica. El volcán de Atitlán, Tolimán y San Pedro son los volcanes que podrían causar daños en el municipio.

Fuente: elaboración propia.



### **1.7.2.2. Riesgos de la propia obra**

El riesgo en los procesos constructivos es la posibilidad de que, ante un determinado peligro, se ocasionen efectos perjudiciales, con un impacto en el propósito del proceso, pudiendo por ello cuantificarse, se mide a partir de las consecuencias y la posibilidad de ocurrencia. Los riesgos se dan como producto de amenazas, las cuales pueden ser provocadas por la naturaleza, condiciones de vulnerabilidad o actividades humanas.

- Defectos de mano de obra, impericia y negligencia: la falta en especialización en mano de obra, y la variedad de lugares de trabajo son causas de la impericia en la construcción.
- Errores de cálculo o diseño y empleo de materiales defectuosos o inadecuados: uno de los riesgos más frecuentes en las construcciones.
- La calidad o tipo de material, está garantizada por el estudio de suelo realizado, el diseño del proyecto y la mano de obra especializada en la ejecución de la obra, así como por el material empleado en la construcción (ladrillo, bloques de concreto, cemento y hierro, entre otros).
- Otro aspecto por considerarse, de igual importancia, es la calidad de suelo y el lugar donde se asienta el centro poblado, cerca de fallas geológicas, ladera de los cerros, riberas del río, faja marginal, laderas de una cuenca hidrográfica, situación que incrementa significativamente su nivel de vulnerabilidad.

### **1.7.3. Vulnerabilidades**

Es el grado de debilidad o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro natural o antrópico de una magnitud dada. Existen distintos tipos de vulnerabilidades, las que se definen por varios componentes y niveles, algunos de los más utilizados son los siguientes:

- Vulnerabilidad física: se refiere a la ubicación física inapropiada, a la infraestructura pública y a la infraestructura de las vías vitales de una comunidad o población.
- Vulnerabilidad estructural: se encuentra asociada a la infraestructura física de un proceso constructivo, la cercanía de su ubicación a zonas de riesgo. Indica lo propenso que se encuentran las infraestructuras a ser dañadas por un evento natural.
- Vulnerabilidad ambiental: se refiere a la forma de utilización o aprovechamiento de los recursos naturales y el medio ambiente. El manejo de estos recursos antes, durante y después de la construcción.
- Vulnerabilidad geológica: está relacionada con la composición de los suelos, los cuales pueden ser afectados por los fenómenos climatológicos y así generar procesos de erosión e inestabilidad.
- Vulnerabilidad institucional: se asocia al conjunto de entidades institucionales que tienen como responsabilidad la reducción y atención de los desastres naturales. Al tener un mal manejo de estas puede haber repercusiones negativas en el manejo de estas.

- Vulnerabilidad socioeconómica: son los factores que determinan la vulnerabilidad social de un grupo poblacional específico, como los liderazgos en el municipio y su organización social interna.
- Vulnerabilidad natural: está vinculada con la vulnerabilidad de los ecosistemas, la cual se ve afectada por los procesos de desarrollo que modifican el entorno natural.

Para el presente estudio se identificaron y analizaron los riesgos en procesos constructivos de edificaciones en el municipio de Patulul, considerando su vulnerabilidad física.

El municipio de Patulul, presenta algunas edificaciones que han sido construidas desde su origen sin ningún o con muy poco criterio de seguridad y puede llamárseles vulnerables por origen, y adicionalmente hay edificaciones que con el tiempo van envejeciendo y debilitándose, debido a los factores señalados, a lo cual se denomina vulnerabilidad progresiva.

A menudo las viviendas construidas en los asentamientos por los mismos habitantes, además de su ubicación en terrenos inestables o inundables y de la falta de servicios básicos, presentan problemas de construcción.

El desconocimiento técnico en el uso de materiales (se combinan materiales no compatibles o se dan tratamientos inadecuados), el desconocimiento en los sistemas de construcción y la mala calidad de los materiales, sumados a las limitaciones económicas aumentan su vulnerabilidad frente a cualquier desastre. Para evaluar las vulnerabilidades de edificaciones es importante elaborar un cuadro que contenga las principales variables e indicadores.

Tabla V. **Vulnerabilidad física**

Riesgo	Nivel de vulnerabilidad			
	Bajo < 25 %	Medio 26 a 50 %	Alto > 50 %	Muy alto
Material de construcción.	Estructura sismo resistente con adecuada técnica constructiva (concreto o acero).	Estructura concreta, acero y madera, sin adecuada técnica constructiva.	Estructuras de adobe, piedra o madera sin refuerzos estructurales.	Estructuras de adobe u otras de menor resistencia, condiciones precarias.
Localización de viviendas (especificar distancia).	Muy alejada > 5 km	Medianamente cerca 1 – 5 km	Cerca 0,2 – 1 km	Muy cercana 0,2 – 0 km
Características geológicas, calidad y tipo de suelo.	Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas.	Zona ligeramente fracturada, suelo de mediana capacidad soporte.	Zona medianamente fracturada, suelo con baja capacidad soporte.	Zona muy fracturada, suelos colapsables (rellenos, material inorgánico, entre otros).
Leyes existentes.	Leyes estrictamente cumplidas.	Leyes medianamente cumplidas.	Leyes sin cumplimiento.	Sin ley

Fuente: Municipalidad Distrital de Barranco. Estudio técnico. *Análisis de peligro y vulnerabilidad de riesgo de desastre urbano en materia de vivienda, construcción y saneamiento de la zona monumental este del distrito de Barranco*. p. 20.

De acuerdo con los objetivos de este trabajo la vulnerabilidad puede estratificarse en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto, de acuerdo a los siguientes criterios.

Tabla VI. **Descripción y valor de la vulnerabilidad de acuerdo al rango**

<b>Rango</b>	<b>Descripción o características</b>
Bajo < 25 %	Edificaciones en terrenos seguros, con material de construcción sismo resistente, en buen estado de construcción, población con niveles de ingresos medio y alto con cobertura de servicios; población con buena organización.
Medio 26 a 50 %	Edificaciones en suelos de calidad intermedia, con material de construcción, en regular y buen estado de construcción, población con nivel de ingresos medio, con cobertura parcial de servicios; población organizada.
Alto > 50 %	Edificaciones en terrenos inseguros, con material precario en mal y regular estado de construcción, población con niveles de ingresos bajos con cobertura parcial de servicios; población con escasa organización.
Muy alto	Edificaciones en terrenos inseguros, con material precario en mal estado de construcción, población con niveles de ingresos bajos sin cobertura de servicios; población con nula organización.

Fuente: elaboración propia.

#### **1.7.4. Amenazas**

Una amenaza representa la probable manifestación de un fenómeno de la naturaleza o causado por la acción del hombre que pone en peligro la vida de las personas, la infraestructura, el ambiente. Se expresa como la probabilidad de que un fenómeno se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un período de tiempo definido.

La presencia de una amenaza debería afectar la selección del lugar, el diseño de ingeniería y la factibilidad económica de los proyectos de construcción. Conocer las amenazas y las vulnerabilidades presentes en el municipio, permite a sus autoridades plantear soluciones permanentes a las causas de fondo que generan el riesgo y no sólo a los efectos negativos que causan los desastres en la sociedad.

El daño en estructuras puede ser causado por fenómenos naturales o también por la acción humana al darle un uso inadecuado, poner peso excesivo para el cual no estaban diseñadas, por falta de mantenimiento o por construir de manera incorrecta y sin asesoramiento técnico.

Tabla VII. **Parámetros habituales para caracterización de amenazas**

<b>Tipo de amenaza</b>	<b>Parámetros de caracterización</b>
Sismicidad	Magnitud Richter (Ms)
	Escala de Mercalli Modificada (MM)
	Momento sísmico (Mw)
	Aceleración del suelo (g)
Movimientos en masa	Pendiente taludes
	Volumen
	Velocidad de reptación
Viento	Velocidad sostenida de viento
	Escala Saffir-Simpson para huracanes
Inundaciones	Caudal
	Profundidad/altura de agua
	Velocidad del agua
	Duración
	Pluviosidad/precipitaciones
	Superficie de inundación

Continuación de la tabla VII.

Vulcanismo	Tipo de volcán
	Frecuencia de ocurrencia
	Zonas expuestas a flujo lava, lahares, piroclastos, cenizas.
	Características de cenizas
	Duración de proceso eruptivo

Fuente: elaboración propia.

### **1.7.5. Medidas preventivas**

Para evitar que las situaciones potenciales se consuman (el riesgo se transforme en desastre o catástrofe), o minimizar los efectos de los desastres, existen tres grandes grupos de técnicas o medidas: predictivas, preventivas y correctoras o post-desastre.

No siempre se requieren análisis exhaustivos de riesgo para todos los componentes de una infraestructura, aquellos componentes poco relevantes para el funcionamiento de un sistema y de fácil reemplazo, o bien ubicadas en zonas seguras fuera del impacto de amenazas naturales, no es necesario que sean inspeccionadas por profesionales expertos en la materia.

Las instituciones públicas como los hospitales, centros educativos y edificaciones de afluencia de público, se consideran como edificaciones de nivel de importancia muy alta a alta, teniendo prioridad en el proceso de reforzamiento.

Como regla general debe evitarse construir en terrenos ubicados en zonas propensas a las amenazas naturales. No construir en planicies de inundación u orillas de ríos y quebradas.

Algunas medidas preventivas en ingeniería estructural, que se pueden utilizar en prevención de desastres:

- Remoción o conformación del perfil del talud con el fin de incrementar su estabilidad.
- Control de drenaje e infiltración.
- Uso de estructuras de contención para suelos.
- Uso de estructuras de contención para roca en el diseño y mantenimiento de obras en carreteras.
- Protección de la superficie del talud con vegetación para el control de la erosión producida por la lluvia.

Algunas medidas preventivas para la prevención de la erosión, que se pueden utilizar:

- Tratamiento de regulación de la escorrentía superficial.
- Incremento de infiltración.
- Tratamientos lineales: como la elaboración de barreras que ayudan a encauzar el agua de escorrentía.



- Cubiertas superficiales de vegetación.

Algunas medidas preventivas para inundaciones, que se pueden utilizar en prevención:

- Subir el nivel del piso a una altura por encima de algún nivel mínimo, que puede establecerse mediante simples estudios históricos de inundaciones previas y levantamientos topográficos.
- Para reducir la vulnerabilidad funcional de las letrinas, se deben elevar para así garantizar que aún en casos de crecidas el nivel del agua queda por debajo del nivel de la letrina.
- Dragado en los ríos.
- Diseño y construcción de canales de derivación para reducir gastos extremos sobre un río.
- Definición de zonas de amortiguamiento ante la incidencia de una avenida extraordinaria.
- Reubicación de bordos, adaptación de caminos para no interrumpir el curso natural del drenaje del agua.

Algunas medidas preventivas para desastres por sismos que se pueden utilizar:

- Usar materiales de buena calidad (arena, piedra, cemento, blocks, otros), y el acero mínimo necesario.

- Incremento de la capacidad resistente o la rigidez lateral del sistema estructural mediante la introducción de muros o pórticos.
- El aumento de la capacidad de deformación de los elementos que integran el sistema.
- Por la reducción de la demanda de fuerza y deformaciones en el sistema utilizando aislamientos en la base.
- Identificar las áreas de alto riesgo y limitar su uso.

Algunas medidas preventivas para desastres por actividad volcánica que se pueden utilizar:

- Las áreas próximas a volcanes activos deberían destinarse preferiblemente a espacios abiertos, destinados a la agricultura y a actividades recreativas, tales como parques y zonas de cultivo o pastoreo.
- Durante la lluvia de cenizas, la población puede reducir la severidad de sus efectos moviendo con pala la ceniza depositada en los techos de las estructuras débiles.

## **2. MARCO PRÁCTICO**

### **2.1. Análisis físico y mecánico**

Las edificaciones en la cabecera del municipio de Patulul en su mayoría se han construido utilizando diferentes materiales de construcción, existen estructuras de ladrillo, block, concreto y en menor número de adobe y madera. Las edificaciones deben estar adaptadas al clima y a la geografía, deben emplear en su construcción recursos renovables, de preferencia producidos en la región.

La calidad del proceso constructivo y la calidad de materiales, deben estar sujetos a un control, para esto se utilizan normas nacionales e internacionales que indican los procedimientos de ensayo y las especificaciones aplicables para verificar si el material cumple con los requisitos establecidos.

De acuerdo con los objetivos de este trabajo, se realizó un análisis y muestreo de los principales materiales de construcción que actualmente se utilizan en el municipio de Patulul, visitando bancos de materiales cercanos, distribuidoras y ferreterías existentes en la cabecera municipal que abastecen a la población. Las muestras que se tomaron fueron trasladadas al Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, USAC para realizar los ensayos necesarios.

Para propósitos de este trabajo se consideran las siguientes definiciones:

- Fabricante es la empresa que produce un material para la venta de acuerdo con su resistencia y calidad.

- Distribuidor: es el intermediario entre el fabricante y el constructor, depende del fabricante para distribuir un producto de calidad al constructor.
- Constructor: es la empresa o persona individual, usuario de los materiales de construcción que ofrecen los fabricantes y distribuidores.
- Tradicional: es aquella edificación que está construida con materiales propios de la región y cuyo proceso constructivo ha sido transmitido de generación en generación empíricamente.
- Convencional: es aquella edificación construida con sistemas constructivos mejorados que utilizan diferentes materiales.

Tabla VIII. **Resultados de disponibilidad de materiales de construcción, municipio de Patulul, departamento de Suchitepéquez**

<b>Municipio de Patulul, departamento de Suchitepéquez</b>							
<b>Distribuidor</b>	<b>Material de construcción</b>						
	<b>Agregados</b>		<b>Hierro/Acero</b>		<b>Block</b>	<b>Ladrillos</b>	<b>Cemento</b>
	<b>Fino</b>	<b>Grueso</b>	<b>Varillas</b>	<b>Perfiles</b>			
No. 1	X	X	X		X	X	X
No. 2	X	X	X		X	X	X
No. 3	X	X	X		X	X	X

Fuente: elaboración propia.

### **2.1.1. Agregado grueso y fino**

Los agregados constituyen un factor determinante en la economía, durabilidad y estabilidad de las obras, ya que ocupan un volumen importante en las mezclas de morteros y concretos:

- En el concreto hidráulico del 65 % al 85 %
- En el concreto asfáltico del 92 % al 96 %
- En pavimentos del 75 % al 90 %

La caracterización de un agregado para concreto es un factor determinante en la seguridad y durabilidad de una estructura; son potencialmente dañinos si contienen compuestos que reaccionen químicamente con el cemento Portland y que produzcan cambios significativos en el volumen de la pasta o del agregado o de ambos, interferencia en la hidratación normal del cemento y otros efectos dañinos.

La Norma Técnica Guatemalteca NTG-41007. Equivale a la norma ASTM C33. Especifica agregados para concreto; muestra los requisitos para granulometría y calidad de agregado fino y grueso. Las propiedades físicas describen características como sustancias perjudiciales, absorción y contenido de humedad, peso específico y peso unitario.

- Los agregados finos consisten en arenas naturales, manufacturadas o combinación de ambas; son parte esencial para la elaboración de morteros y concretos. De acuerdo a lo establecido, el agregado fino se considera aceptable. Se evaluaron las siguientes características del agregado fino.

- La Norma NTG 41010h2. Indica el método para determinar la masa unitaria.
- La Norma NTG 41010h8. Indica el método de ensayo. Determinación de la gravedad específica y absorción.
- La Norma NTG 41010h1. Indica el método estándar de ensayo para análisis por tamizado de agregados fino y grueso.
- La Norma NTG 41010h3. Indica el método de ensayo estándar para material más fino que la malla N<sup>o</sup> 200 en agregado mineral por lavado.
- El agregado grueso consiste en partículas de grava, escoria o piedras trituradas estables y durables, que cumplan con las características que establecen las normas; su tamaño se encuentra en función a las necesidades específicas para el diseño del concreto.

El agregado grueso a ser usado en concreto que estará sujeto a humedad, exposición prolongada a una atmósfera húmeda, o en contacto con suelos húmedos no deben contener ningún material que sea perjudicialmente reactivo con los álcalis en el cemento. De acuerdo a lo establecido, se evaluaron las siguientes características del agregado grueso:

- La Norma NTG 41010h2. Indica el método de ensayo. Determinación de la densidad aparente (masa unitaria), y vacíos en los agregados.

- La Norma NTG 41010h8. Indica el método estándar de ensayo para gravedad específica y absorción.
- La Norma NTG 41010h1. Indica el método estándar de ensayo para análisis por tamizado de agregados fino y grueso.
- La Norma NTG 41010h3. Indica el método de ensayo, determinación del material más fino que pasa el tamiz 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) por lavado con agua.

### **2.1.2. Blocks**

Son elementos de mampostería que se utilizan para la conformación de paredes o muros, en Guatemala tienen un amplio uso en todo tipo de construcciones. Se elaboran con cementos hidráulicos y agregados finos y gruesos, tales como arena natural o manufacturada, pedrín, materiales piroclástico volcánicos (arena pómez), puzolanas, escorias u otros materiales inorgánicos inertes adecuados.

En Guatemala los blocks se clasifican de acuerdo a su forma y tamaño, sus propiedades mecánicas y los materiales que se utilizan para su elaboración. Para evaluar su calidad se consideran normas y estándares existentes a nivel nacional e internacional. Se realizó el ensayo de compresión para bloques huecos de concreto, según norma NTG 41055 h1 que describe el método de ensayo. Se determinó de la resistencia a la compresión, de bloques huecos de concreto para muros.

De acuerdo con la Norma NTG 41054, los blocks se clasifican de acuerdo a su resistencia de la siguiente manera:

- Clase A: uso estructural con baja absorción de humedad, para uso en muros exteriores o interiores que soportan carga por debajo o sobre el nivel del suelo.

Muros de contención, de cimentación, de división que soportan carga.

Para edificaciones mayores de 100 metros cuadrados de construcción, de uno o dos niveles.

Para edificaciones de más de dos niveles se debe cumplir con los requisitos de diseño estructural de la Norma AGIES NSE 7.4. Indica los requisitos que se deben cumplir en edificaciones de mampostería estructural.

- Clase B: uso general con mediana absorción de humedad, muros exteriores o interiores que soportan carga sobre el nivel del suelo, para edificaciones con un área máxima de 100 metros cuadrados de construcción y distribución simétrica, de uno o dos niveles. Los blocks externos o expuestos deben usarse con recubrimiento protector contra las inclemencias del tiempo.

- Clase C: uso no estructural con alta absorción de humedad, muros exteriores o interiores sobre el nivel del suelo, que no soportan carga, o que la soportan en muros de edificaciones de un nivel, menores de 50 metros cuadrados de construcción con distribución simétrica.

También para muros colindantes entre terrenos. Si son muros exteriores debe aplicárseles un recubrimiento o acabado protector contra las inclemencias del tiempo.



Tabla IX. **Clasificación de block de acuerdo a su resistencia, absorción y densidad (Norma NTG 41054)**

Clase	Esfuerzo neto (kg/cm <sup>2</sup> )		Densidad (kg/cm <sup>3</sup> )	Absorción (%)	
	Individual	5 promedio		Individual	5 promedio
A	≥ 113	≥ 133	D > 2 000	≤ 11	≤ 10
B	≥ 85	≥ 100	1 680 < D < 2 000	≤ 16,5	≤ 15
C	≥ 56	≥ 66	D < 1 680	≤ 22	≤ 20

Fuente: Norma COGUANOR NTG 41054. p. 6.

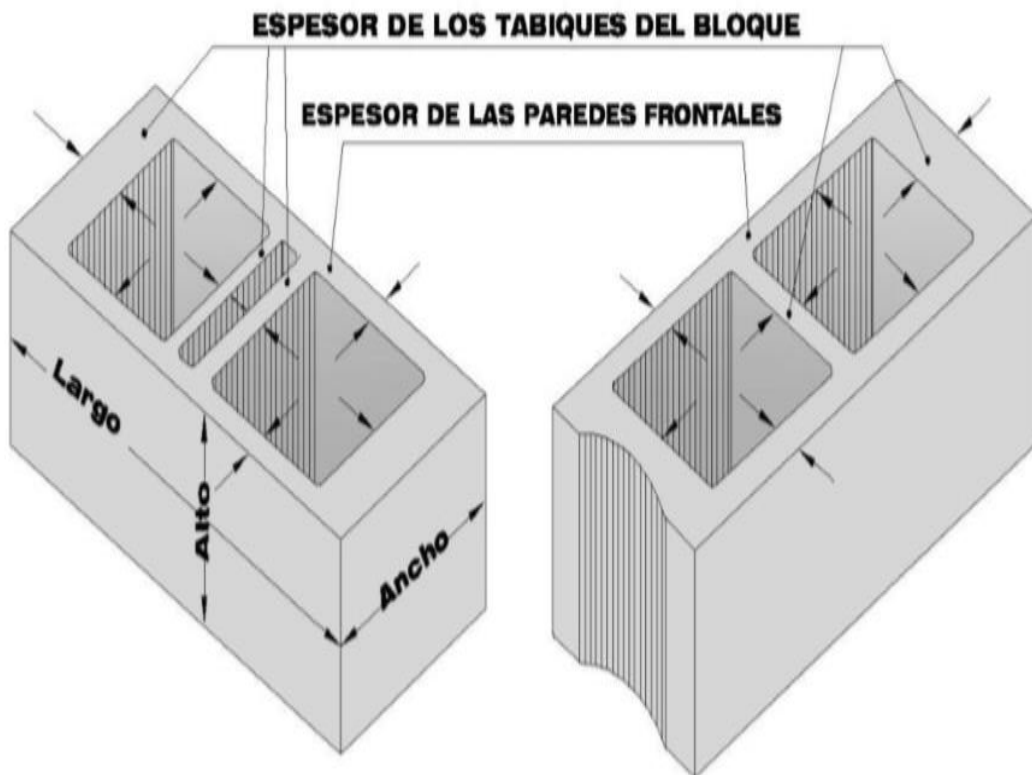
Se usaron bloques huecos para soportar cargas y para muros de relleno, considerando valores promedio; para el ensayo son necesarios los siguientes pasos y cálculos:

- Identificar muestras
- Determinación de características físicas
- Calcular área bruta y área neta
- Medir masa natural
- Calcular esfuerzo de compresión
- Medición de porcentaje de absorción

- Definir tipo, grado y clase

Los resultados de los ensayos deben cumplir las especificaciones de la Norma NTG 41054 para ser aceptados.

Figura 8. Dimensiones de blocks de concreto



Fuente: Norma COGUANOR NTG 41054. p. 7.

### **2.1.3. Ladrillo**

El ladrillo debe contar con alta inercia térmica, gran dureza, resistente al desgaste y con una gran estabilidad química frente a los agentes medio ambientales.

Para evaluar su calidad se consideran normas nacionales y estándares existentes para la medición y garantía de la calidad de productos elaborados con arcilla, de forma amigable con el medio ambiente. Existen diversos tipos de ladrillos según sus requerimientos de servicio:

- Para muros portantes (paredes principales): soportan todo el peso de la edificación, la carga de los techos y la fuerza de los sismos.
- Para tabiquería (muros divisorios): se llaman tabiques a los muros que no soportan cargas principales y cuya función es solo separar los ambientes, por lo que se pueden eliminar sin temor a riesgos.
- Para techos: se diferencian por los huecos y dependiendo del área de techado, mientras más altura tenga la construcción, mayor carga soportará.
- Para acabados decorativos: en muros interiores y exteriores se pueden emplear los ladrillos cara vista. En acabados en techos los ladrillos sirven de protección y cobertura; absorben y disipan la temperatura del sol y aíslan la humedad.

Tabla X. **Clasificación, designación y usos de los ladrillos de barro cocido (Norma NTG 41023)**

Tipos	Grados	Clases	Usos
Tipo A, ladrillos hechos a máquina	1	Clase P o perforados.	Paredes con carga elevada, expuestas en sus dos caras, y clima lluvioso fuerte.
	2	Clase P o perforados clase T, o tubulares.	Paredes con carga moderada, expuesta en una cara y clima lluvioso moderado.
	3	Clase P o perforado clase T, o tubular.	Paredes con carga baja, expuestas en una cara, clima con poca lluvia.
Tipo B, ladrillos hechos a mano	4	Clase M, o macizo	Paredes con carga baja, expuestas en una cara, y clima con poca lluvia.

Fuente: Normas de la Comisión Guatemalteca de Normas, (COGUANOR) NGO 41022.

*Ladrillos de barro cocido. p. 2.*

Se realizó el ensayo de compresión y se determinó el % de absorción a ladrillos de barro cocido, según Normas NGO 41022, 41023 y 41024 h1; h2; h3, h5; se tomaron para este ensayo ladrillos de barro cocido de los distribuidores del municipio, considerando valores promedio; para el ensayo son necesarios los siguientes pasos y cálculos:

- Identificar cada muestra de ladrillo
- Tomar medidas longitud (mayor dimensión de la superficie de asiento), ancho (menor dimensión de la superficie de asiento) y altura (dimensión perpendicular a la superficie de asiento).

- Calcular área bruta paralela.
- Medir la masa.
- Nivelar con capa de azufre ladrillo.
- Ensayo resistencia.
- Calcular esfuerzo de compresión.
- Medir % absorción.
- Definir tipo, grado y clase.

#### **2.1.4. Acero estructural**

De forma general los aceros que se utilizan en construcción se presentan bajo las siguientes modalidades:

- Perfiles laminados se emplean en obra civil principalmente en puentes, para vigas de soporte en celosía y, más raramente, como perfiles de alma llena o aligerados.
- Barras corrugadas conformadas en caliente y alambres estirados en frío: tanto las barras corrugadas como los alambres en forma de malla electro soldada se emplean como armadura para piezas de concreto.
- Las barras corrugadas tienen protuberancias laminadas en sus superficies (los patrones varían según los fabricantes), para aumentar la adherencia

entre el concreto y el acero, se usan en diferentes elementos de concreto armado (vigas, columnas, zapatas, losas, entre otros).

Para evaluar su calidad se consideran normas y estándares existentes a nivel nacional. Se realizó el ensayo a tensión en barras de acero, según Norma NTG 36011; se utiliza una muestra de acero de un metro de longitud, clasificando las barras en grados estructurales de acuerdo al límite de fluencia, esfuerzo máximo y las especificaciones de dicha norma. Para el ensayo son necesarios los siguientes cálculos y datos:

- Identificar muestra
- Medir masa unitaria
- Medir longitud, diámetro inicial
- Calcular área
- Medir altura de corruga
- Medir cordón o ribete
- Ensayo de resistencia
- Medir y calcular esfuerzos cedentes, máximo y de ruptura
- Medir el alargamiento final y el diámetro final
- Calcular el área final

- Calcular porcentaje de elongación en 5 % y 20 %
- Determinar No. y Grado estructural varilla

Los resultados de los ensayos deben cumplir las especificaciones para ser aceptados, indicar el grado de la varilla según clasificación.

### **2.1.5. Cemento**

El cemento es un material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como en el aire. Tienen diferentes aplicaciones en la construcción, se utilizan para acabados decorativos y en mezclas de concretos y morteros adicionándole arena, pedrín y agua en cantidades adecuadas. En el mercado nacional se encuentran diferentes marcas y tipos de cementos, entre los que se incluyen Portland, UGC, mampostería, entre otros.

De acuerdo a las visitas realizadas a los distribuidores locales en el municipio de Patulul, se determinó que el cemento que más se utiliza es Cemento tipo UGC; se pudo verificar que las condiciones físicas y de almacenamiento del cemento en la mayoría de los casos eran adecuadas.

Es importante que el cemento cumpla con los requisitos químicos y físicos de acuerdo al tipo; la finura, peso específico, tiempos de fraguado y resistencia a la compresión son algunos de los parámetros importantes; cada fabricante debe garantizar que cumple con las especificaciones de las normas e indicarlo en los sacos.

- NTG 41095. Indica las especificaciones por desempeño (ASTM C-1157).
- NTG 41005 Indica las especificaciones del cemento Portland. (ASTM C-150).

Para evaluar la resistencia a compresión de mortero, se utiliza la información del agregado fino y se elaboran cubos con cemento como lo especifica la Norma NTG 41095, estos se mantienen en ambiente húmedo hasta la edad de ensayo (7 y 28 días).

#### **2.1.6. Concreto**

El concreto como material compuesto, presenta un comportamiento mecánico que depende en gran parte de la calidad de cada uno de los materiales de que se compone. El concreto convencional tiene un amplio uso en las estructuras de concreto más comunes, se emplea para cimentaciones, losas macizas y aligeradas, muros de contención, entre otros.

Para comprobar el desempeño de los agregados evaluados, se elaboraron mezclas de concreto, de acuerdo a las normas aplicables; las características físicas, mecánicas y químicas de los agregados pétreos influyen directamente en las propiedades del concreto. En Guatemala, se considera que la intemperización derivada de la acción de congelamiento y deshielo es despreciable en todo el territorio.



Tabla XI. **Variaciones en la resistencia del concreto**

Fase	Causa variación
Diseño de la mezcla de concreto.	Propiedades de los agregados
	Mezclas preparadas con agregados húmedos
	Agregados con contenidos altos de absorción
	Dosificación de los materiales y procedimiento de ensayo no adecuado.
Proceso de colocación	Afectaciones durante la colocación y el curado
	Mezclas sometidas a procesos de remezclado
	Deficiencia en la vibración
	Alteraciones de la mezcla durante el transporte y colocación.

Fuente: elaboración propia.

- Resistencia a compresión de concreto: con la información de los agregados y los resultados del estudio de campo se diseñaron diferentes mezclas de concreto utilizando cemento UGC, con un valor de  $f'c$  de diseño a los 28 días de  $210,0 \text{ kg/cm}^2$  (3 000 psi).

Los resultados de este método pueden ser usados como base para un control de calidad de la proporción del concreto, su resistencia a la compresión, mezclas y lugar de operación.

Existen diferentes métodos de diseño de mezclas para obtener concretos con características específicas, para la evaluación del concreto se utilizó el método propuesto por el ACI.

Se elaboraron cilindros de prueba para el control de su resistencia como lo especifica la Norma NTG 41017h1 (6" de diámetro y 12" de altura),

estos se mantienen en ambiente húmedo hasta la edad de ensayo (7, 14 y 28 días). Para el ensayo de los cilindros, es necesario:

- Identificar cada muestra
- Tomar medidas de altura y diámetro (antes de nivelar con azufre)
- Medir la masa
- Nivelar con capa de azufre o almohadilla de neopreno
- Ensayo de resistencia a compresión de acuerdo a la edad
- Calcular esfuerzo de compresión

Figura 9. **Ensayo de resistencia a compresión en cilindros de concreto**



Fuente: elaboración propia.

### **3. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **3.1. Tabulación, análisis de resultados y costos de materiales**

La evaluación de la calidad de los materiales para la construcción disponibles en el municipio de Patulul se presenta a continuación, incluye la tabulación y análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio realizados, también se incluye información sobre los costos de los diferentes materiales de construcción evaluados y disponibles en el municipio de Patulul o sus cercanías.

Se realizó un estudio diseñado para evaluar la amenaza, vulnerabilidad y desempeño de la infraestructura analizada, utilizando información histórica o estadística, así como entrevistas y visitas a la zona de interés. El rápido ritmo de crecimiento del municipio ha promovido la construcción empírica con mampostería, muchas veces se abusa del sistema y se construyen más pisos de los que la estructura es capaz de soportar.

La capacidad de una edificación de reducir el impacto de los desastres depende de varios factores; el diseño de una edificación segura ante un desastre natural requiere conocer la naturaleza del evento extremo (ubicación, magnitud y frecuencia).

De acuerdo con esta información, se podrán tomar decisiones sobre qué tipos de materiales son más convenientes y qué tecnologías y diseños son necesarios desarrollar, para reducir el impacto del evento extremo en la estructura.

- Resultados de agregados: a continuación, se presentan los resultados de las características físicas de los agregados fino y grueso evaluados. (Ver informes de laboratorio en anexos 1 y 2).

Tabla XII. **Resultados de análisis para agregado grueso**  
(Norma NTG 41007)

Agregado grueso			
Ensayo	Resultados	Comentarios	
NTG 41010h2 ASTM C29 Masa unitaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suelto 1 490 kg/m<sup>3</sup> (% vacíos 45 %).</li> <li>Apisonado 1 580 kg/m<sup>3</sup> (% vacíos 41 %).</li> </ul>	<p>Es una característica propia del material, debe tomarse en cuenta para el diseño de mezclas de concreto.</p> <p>Mientras menor sea el volumen de vacíos, menor será la pasta de cemento necesaria para llenar estos vacíos.</p>	
NTG 41010h8 ASTM C 127 Método de ensayo Determinación de la gravedad específica y absorción.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Densidad relativa 2,69</li> <li>Gravedad específica 2 680 kg/m<sup>3</sup>.</li> <li>Absorción 1,70 %.</li> </ul>	Son características propias del material, deben tomarse en cuenta en las correcciones necesarias en la cantidad de agua que se debe incorporar a la mezcla de concreto.	
NTG 41010h1 ASTM C 136 Método estándar de ensayo para análisis por tamizado de agregados fino y grueso.	<b>Tamiz No.</b>	<b>% pasa</b>	<p>La curva granulométrica representa los resultados del ensayo de granulometría.</p> <p>El agregado debe tener una graduación de acuerdo con los límites indicados en la tabla 2 de la Norma NTG-41007, así mismo el valor del módulo de finura no debe ser menor que 2,3 ni mayor que 3,1.</p>
	No. 16	0,0	
	No. 8	0,0	
	No. 4	5,0	
	3/8"	32,0	
	1/2"	52,0	
	3/4"	90,0	
	1"	100	
	1 1/2"	100	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Módulo de finura 6,73</li> </ul>		
NTG 41010h3 ASTM C 117 Método de ensayo estándar para material más fino que la malla N° 200 en agregado mineral por lavado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>2,8 %</li> </ul>	La cantidad del material más fino que pasa el tamiz 75 µm (N° 200), no debe exceder los límites indicados en la tabla 3 de la Norma NTG-41007.	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XIII. Resultados de análisis para agregado fino  
(Norma NTG 410007)**

<b>Agregado fino</b>																		
<b>Ensayo</b>	<b>Resultados</b>	<b>Comentarios</b>																
NTG 41010h2 ASTM C29 Método de ensayo. Determinación de la densidad aparente (masa unitaria) y vacíos en los agregados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masa unitaria suelto 1 460,0 kg/m<sup>3</sup> (vacíos 46 %).</li> <li>• Masa unitaria apisonado 1 540,0 kg/m<sup>3</sup> (vacíos 43 %).</li> </ul>	Es una característica propia del material, debe tomarse en cuenta para el diseño de mezclas de concreto.  Mientras menor sea el volumen de vacíos, menor será la pasta de cemento necesaria para llenar estos vacíos.																
NTG 41010h9 ASTM C 128 Método estándar de ensayo para gravedad específica y absorción.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gravedad específica 2 670,0 kg/m<sup>3</sup>.</li> <li>• Absorción 0,80 %.</li> <li>• Contenido de materia orgánica 1.</li> </ul>	Son características propias del material, deben tomarse en cuenta en las correcciones necesarias en la cantidad de agua que se debe incorporar a la mezcla de concreto.																
NTG 41010h1 ASTM C 136 Método estándar de ensayo para análisis por tamizado de agregados fino y grueso.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Tamiz No.</th> <th style="text-align: center;">% pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">9,5 mm (3/8")</td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4,75 mm (4")</td> <td style="text-align: center;">98,6</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2,36 mm (8")</td> <td style="text-align: center;">91,8</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1,18 mm (16")</td> <td style="text-align: center;">78,4</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">600 µm (No. 30)</td> <td style="text-align: center;">50,7</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">300 µm (No. 50)</td> <td style="text-align: center;">14,0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">150 µm (No. 100)</td> <td style="text-align: center;">1,5</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Módulo de finura 2,65</li> </ul>	Tamiz No.	% pasa	9,5 mm (3/8")	100	4,75 mm (4")	98,6	2,36 mm (8")	91,8	1,18 mm (16")	78,4	600 µm (No. 30)	50,7	300 µm (No. 50)	14,0	150 µm (No. 100)	1,5	La curva granulométrica es una representación gráfica de los resultados del ensayo de granulometría.  El agregado debe tener una graduación dentro de los límites indicados en 6.1. Norma NTG-41007, así mismo el valor del módulo de finura no debe ser menor que 2,3 ni mayor que 3,1.
Tamiz No.	% pasa																	
9,5 mm (3/8")	100																	
4,75 mm (4")	98,6																	
2,36 mm (8")	91,8																	
1,18 mm (16")	78,4																	
600 µm (No. 30)	50,7																	
300 µm (No. 50)	14,0																	
150 µm (No. 100)	1,5																	
NTG 41010h3 ASTM C 117 Método de ensayo Determinación del material más fino que pasa el tamiz 75 µm (N° 200) por lavado con agua.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,90 %</li> </ul>	La cantidad del material más fino que pasa el tamiz 75 µm (N° 200), no debe exceder los límites indicados en la tabla 1 de la norma NTG-41007.																

Fuente: elaboración propia.

- Resultados ladrillos: a continuación, se presentan los resultados de las características físicas y mecánicas de los ladrillos evaluados. (Ver informe de laboratorio en anexo 5).
  - Los ladrillos se clasifican según su uso, tipos, grados y clases, de acuerdo con lo indicado en la Norma NTG 41022, tabla 1. Clasificación, designación y uso.
  - Los requisitos de forma y dimensiones de los ladrillos evaluados, se clasifican de acuerdo con la Norma NTG 41024 h1., tabla 2 Dimensiones nominales de los ladrillos de barro cocido, cualquier sea su tipo, grado y clase.
  - Los requisitos físicos de los ladrillos evaluados, se clasifican de acuerdo con la Norma NTG 41024 h2, 3, 4 y 5, tabla 3 Requerimientos físicos de los ladrillos de barro cocido, cualquier sea su tipo, grado y clase.

Tabla XIV. **Resultados de análisis para ladrillos (Norma NTG 41022)**

<b>Muestra 1</b>					
<b>Medidas (cm)**</b>			<b>Peso (kg)</b>	<b>Absorción (%)</b>	<b>Esfuerzo bruto (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>			
23,13	10,97	5,00	2 078	23,44	90,58
<b>LADRILLO MACIZO, DE 23 x 11 x 5 cm, TIPO MQ, GRADO 2 Y CLASE M</b>					

\*\* Valor promedio.

<b>Valores</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>
Promedio	23,13	10,97	5,00
Max	23,2	11,0	5,3
min	23,0	10,9	4,8
+	0,07	0,03	0,30
-	0,13	0,07	0,20

<b>Muestra 2</b>					
<b>Medidas (cm)**</b>			<b>Peso (kg)</b>	<b>Absorción (%)</b>	<b>Esfuerzo bruto (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>			
23,00	11,00	5,00	1,92	23,20	101,81
<b>LADRILLO MACIZO, DE 23 x 11 x 5 cm, TIPO MQ, GRADO 2 Y CLASE M</b>					

\*\* Valor promedio.

<b>Valores</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>
Promedio	23,00	11,00	5,00
Max	23,0	11,0	5,0
Min	23,0	11,0	5,0
+	0,00	0,00	0,00
-	0,00	0,00	0,00

Continuación de la tabla XIV.

<b>Muestra 3</b>					
<b>Medidas (cm)**</b>			<b>Peso (kg)</b>	<b>Absorción (%)</b>	<b>Esfuerzo bruto (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>			
22,70	10,90	5,20	1,927	24,66	104,10
<b>LADRILLO MACIZO, DE 23 x 11 x 5 cm, TIPO MQ, GRADO 2 Y CLASE M</b>					

\*\* Valor promedio.

<b>Valores</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>
Promedio	22,70	10,90	5,20
Max	22,7	10,9	5,3
Min	22,7	10,9	5,1
+	0,00	0,00	0,10
-	0,00	0,00	0,10

<b>Muestra 4</b>					
<b>Medidas (cm)**</b>			<b>Peso (kg)</b>	<b>Absorción (%)</b>	<b>Esfuerzo bruto (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>			
22,83	10,87	21,67	1,92	25,52	96,35
<b>LADRILLO MACIZO, DE 23 x 11 x 5 cm, TIPO MQ, GRADO 2 Y CLASE M</b>					

\*\* Valor promedio.

<b>Valores</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>
Promedio	22,83	10,87	5,25
Max	22,9	10,9	5,5
Min	22,8	10,8	5,0
+	0,00	0,00	0,10
-	0,03	0,07	16,57

Fuente: elaboración propia.



- Resultados blocks: a continuación, se presentan los resultados de las características físicas y mecánicas de los blocks evaluados. (Ver informe de laboratorio en anexo 4).

De acuerdo con lo indicado en la Norma NTG 41054:

- La clasificación de los blocks se realiza con los valores de resistencia a compresión (tabla 1), por el porcentaje de absorción máxima de humedad (tabla 2) y su densidad (tabla 3).
- Para cada una de las medidas principales del bloque, se admitirá una variación máxima no mayor de  $\pm 3$  mm con respecto a las medidas reales especificadas (tablas 4 y 5).

De acuerdo con lo indicado en la Norma NTG 41055 h1:

- La resistencia a la compresión del block se obtiene dividiendo la carga máxima a la rotura entre la superficie de carga del bloque; ésta, a su vez, puede ser la superficie bruta o la superficie neta según lo requiera la parte interesada.

Tabla XV. **Resultados de análisis para blocks (Norma NTG 41054)**

Muestra 1							
Medidas (cm)**			Peso (kg)	Absorción (%)	Esfuerzo neto (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo bruto (kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Largo	Ancho	Altura					
39,13	13,73	18,93	8,29	24,32	36,36	24,66	1 079,0
<b>BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE C, LIVIANO</b>							

Continuación de la tabla XV.

\*\* Valor promedio.

Valores	Largo	Ancho	Altura
Promedio	39,13	13,73	18,93
Max	39,2	13,8	19,0
Min	39,0	13,7	18,9
+	0,07	0,07	0,07
-	0,13	0,03	0,03

Muestra 2							
Medidas (cm)**			Peso (kg)	Absorción (%)	Esfuerzo neto (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo bruto (kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Largo	Ancho	Altura					
38,97	14,67	19,43	8,975	21,24	49,95	34,55	1 103,0
<b>BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE C, LIVIANO</b>							

\*\* Valor promedio.

Valores	Largo	Ancho	Altura
Promedio	39,87	14,67	19,43
Max	39,2	13,8	19,0
Min	39,0	13,7	18,9
+	0,07	0,07	0,07
-	0,13	0,03	0,03

Muestra 3							
Medidas (cm)**			Peso (kg)	Absorción (%)	Esfuerzo neto (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo bruto (kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Largo	Ancho	Altura					
39,97	14,70	19,87	9,25	23,09	49,02	33,60	1 115,0
<b>BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE C, LIVIANO</b>							

Continuación de la tabla XV.

\*\* Valor promedio.

Valores	Largo	Ancho	Altura
Promedio	39,97	14,70	19,87
Max	40,0	14,8	19,9
Min	39,9	14,6	19,8
+	0,03	0,10	0,03
-	0,07	0,10	0,07

Muestra 4							
Medidas (cm)**			Peso (kg)	Absorción (%)	Esfuerzo neto (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo bruto (kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Largo	Ancho	Altura					
40,03	14,80	19,77	9,325	22,10	49,88	34,9	1 119,0
<b>BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE C, LIVIANO</b>							

\*\* Valor promedio.

Valores	Largo	Ancho	Altura
Promedio	40,03	14,80	19,77
Max	40,1	14,9	19,8
Min	40,0	14,7	19,7
+	0,07	0,10	0,03
-	0,03	0,10	0,07

Muestra 5							
Medidas (cm)**			Peso (kg)	Absorción (%)	Esfuerzo neto (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo bruto (kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Largo	Ancho	Altura					
39,17	13,83	19,20	10,49	37,86	36,82	25,07	1 014,0
<b>BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE C, LIVIANO</b>							

Continuación de la tabla XV.

\*\* Valor promedio.

Valores	Largo	Ancho	Altura
Promedio	39,17	13,83	19,20
Max	39,3	13,9	19,3
Min	39,1	13,7	19,0
+	0,13	0,07	0,10
-	0,07	0,13	0,20

Muestra 6							
Medidas (cm)**			Peso (kg)	Absorción (%)	Esfuerzo neto (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo bruto (kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Largo	Ancho	Altura					
39,73	15,17	19,90	10,49	37,86	36,82	25,07	1 014,0
<b>BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE C, LIVIANO</b>							

\*\* Valor promedio.

Valores	Largo	Ancho	Altura
Promedio	39,73	15,17	19,90
Max	39,8	15,5	19,9
Min	39,7	15,0	19,9
+	0,07	0,33	0,00
-	0,03	0,17	0,00

Muestra 7							
Medidas (cm)**			Peso (kg)	Absorción (%)	Esfuerzo neto (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo bruto (kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Largo	Ancho	Altura					
39,60	15,07	19,93	10,37	37,37	34,35	23,77	1 015,0
<b>BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE C, LIVIANO</b>							

Continuación de la tabla XV.

\*\* Valor promedio.

Valores	Largo	Ancho	Altura
Promedio	39,60	15,07	19,93
Max	39,8	15,2	20,0
Min	39,5	15,0	19,9
+	0,20	0,13	0,07
-	0,10	0,07	0,03

Muestra 8							
Medidas (cm)**			Peso (kg)	Absorción (%)	Esfuerzo neto (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo bruto (kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Largo	Ancho	Altura					
39,63	14,87	19,47	10,97	37,02	34,28	24,85	1 033,0
<b>BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE C, LIVIANO</b>							

\*\* Valor promedio.

Valores	Largo	Ancho	Altura
Promedio	39,63	14,87	19,47
Max	39,7	15,0	19,7
Min	39,6	14,7	19,0
+	0,07	0,13	0,23
-	0,03	0,17	0,47

Muestra 9							
Medidas (cm)**			Peso (kg)	Absorción (%)	Esfuerzo neto (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo bruto (kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Largo	Ancho	Altura					
39,17	14,80	19,97	10,025	36,91	41,64	28,46	1 024,0
<b>BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE C, LIVIANO</b>							

Continuación de la tabla XV.

\*\* Valor promedio.

Valores	Largo	Ancho	Altura
Promedio	39,17	14,80	19,97
Max	39,2	14,8	20,0
Min	39,1	14,8	19,9
+	0,03	0,00	0,03
-	0,07	0,00	0,07

Muestra 10							
Medidas (cm)**			Peso (kg)	Absorción (%)	Esfuerzo neto (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo bruto (kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Largo	Ancho	Altura					
39,43	15,00	19,97	10,025	36,57	39,21	27,89	1 019,0
<b>BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE C, LIVIANO</b>							

\*\* Valor promedio.

Valores	Largo	Ancho	Altura
Promedio	39,43	15,0	19,97
Max	39,5	15,0	20,0
Min	39,4	15,0	19,9
+	0,07	0,00	0,03
-	0,03	0,00	0,07

Fuente: elaboración propia.

- Resultados acero: a continuación, se presentan los resultados de las características físicas y mecánicas de las varillas de acero evaluadas. (Ver informe de laboratorio en anexo 6).
  - De acuerdo con lo indicado en la Norma NTG 36011-2005, tabla I. Designación, dimensiones nominales y requisitos de las

corrugaciones, cada barra debe satisfacer los requisitos de masa nominal, el diámetro, el área de la sección transversal, el perímetro, el espaciamiento máximo promedio, la altura mínima promedio y el ancho máximo de separación sin corruga; el esfuerzo se determina a partir del área y del dato de carga.

- De acuerdo con lo indicado en la Norma NTG 36011-2005, tabla II. Requisitos de límite de fluencia, resistencia a la tensión y elongación, se calcularon el esfuerzo máximo en mega pascales (MPa), el esfuerzo cedente en mega pascales (MPa), la carga máxima en kilogramos (kg), el punto cedente en kilogramos (kg), y el porcentaje (%), de elongación en 20 cm. Con estas características se determina el grado y el número de la barra.

**Tabla XVI. Requisitos de límite de fluencia, resistencia a la tensión y elongación (Norma NTG 36011)**

	Grado 280 [40] A	Grado 414 [60]	Grado 517 [75] B
Máxima resistencia a la tensión, min. MPa [PSI]	414 [60,000]	620 [90,000]	690 [100,000]
Esfuerzo de fluencia, min. MPa [PSI]	280 [40,000]	414 [60,000]	517 [75,000]
Elongación en 203.2 mm [8 pulg.], min. %:			
No. de designación de barra			
10 [3]	11	9	...
13, 16 [4, 5]	12	9	...
19 [6]	12	9	7
22, 25 [7, 8]	12	8	7
29, 32, 36 [9, 10, 11]	...	7	6
43, 57 [14, 18]	...	7	6

A: barras grado 280 [40] son fabricadas únicamente en designaciones de 10 a 25 [3 a 8].

B: barras grado 517 [75] son fabricadas únicamente en designaciones de 19 a 57 [6 a 18].

Fuente: Norma COGUANOR NTG 36011. p. 11.

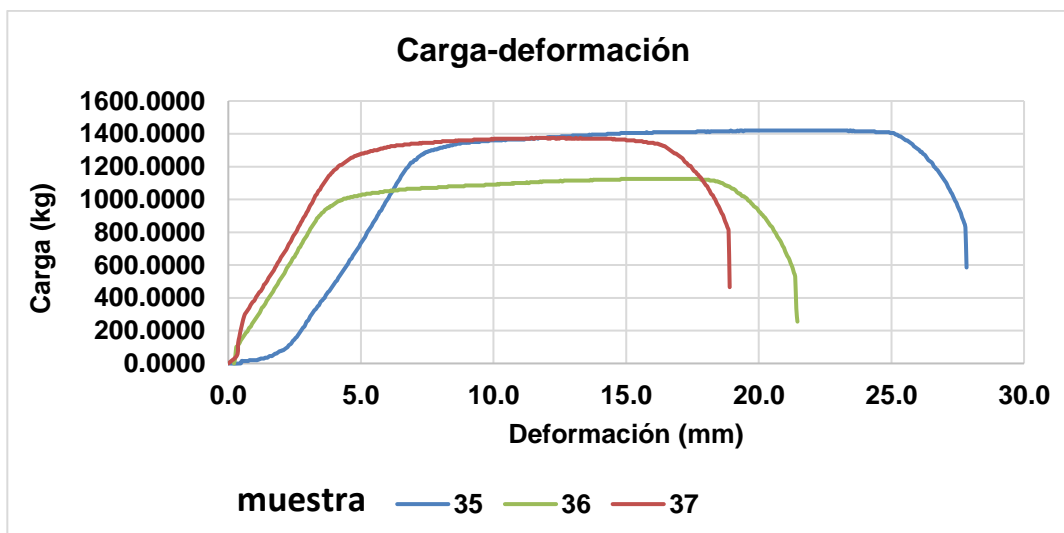
Tabla XVII. **Resultados de análisis para varillas lisas Ø 1/4"**  
(Norma NTG 36011)

Ensayo a tensión				
Muestra No.	Peso kg/m	Diámetro mm	Perímetro mm	Área cm <sup>2</sup>
35	0,223	6,02	18,90	0,28
36	0,223	6,01	18,89	0,28
37	0,203	5,74	18,04	0,26

Muestra No.	Esfuerzo a tensión MPA		Elongación 20 cm	Grado estructural (Norma NTG 36011)
	Fluencia	Máximo		
35	367,75	435,17	8,00	40
36	275,81	344,77	10,00	40
37	320,25	421,38	19,00	64

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Gráfica carga deformación varilla lisa Ø 1/4"**



Fuente: elaboración propia.



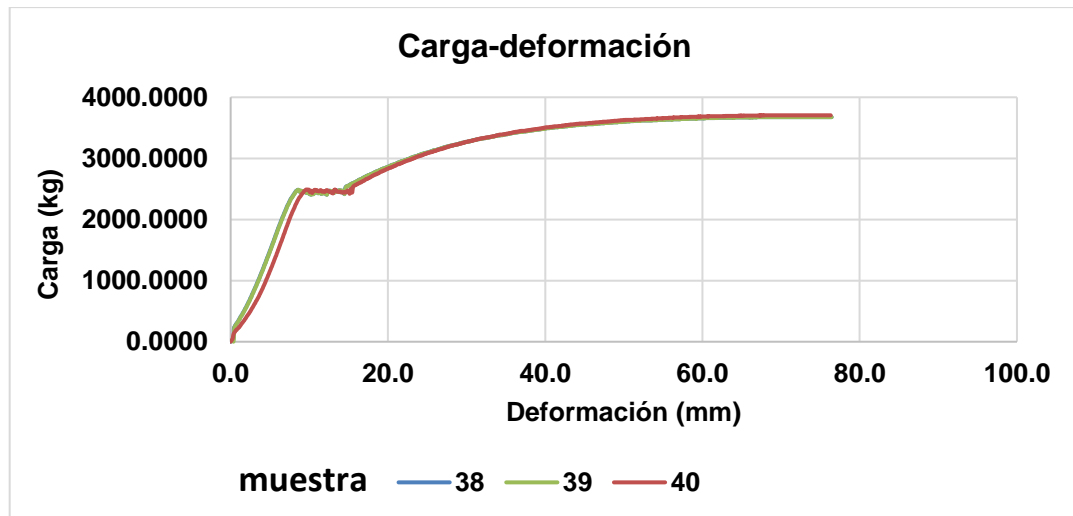
Tabla XVIII. **Resultados de análisis para varillas Ø 3/8"**  
(Norma NTG 36011)

Ensayo a tensión							
Muestra No.	Peso kg/m	Diámetro mm	Perímetro mm	Área cm <sup>2</sup>	Espac. Long mm	Ancho ribete mm	Altura mm
38	0,536	9,33	29,30	0,68	11,8	1,23	0,49
39	0,543	9,39	29,49	0,69	10,2	2,86	0,64
40	0,531	9,29	29,18	0,68	12,0	1,24	0,59

Muestra No.	Esfuerzo a tensión MPA		Elongación 20 cm	Grado Estructural (Norma NTG 36011)
	Fluencia	Máximo		
38	328,79	527,58	24,00	40
39	326,51	500,22	30,00	40
40	333,35	500,22	24,00	40

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Gráfica carga deformación varilla Ø 3/8"**



Fuente: elaboración propia.

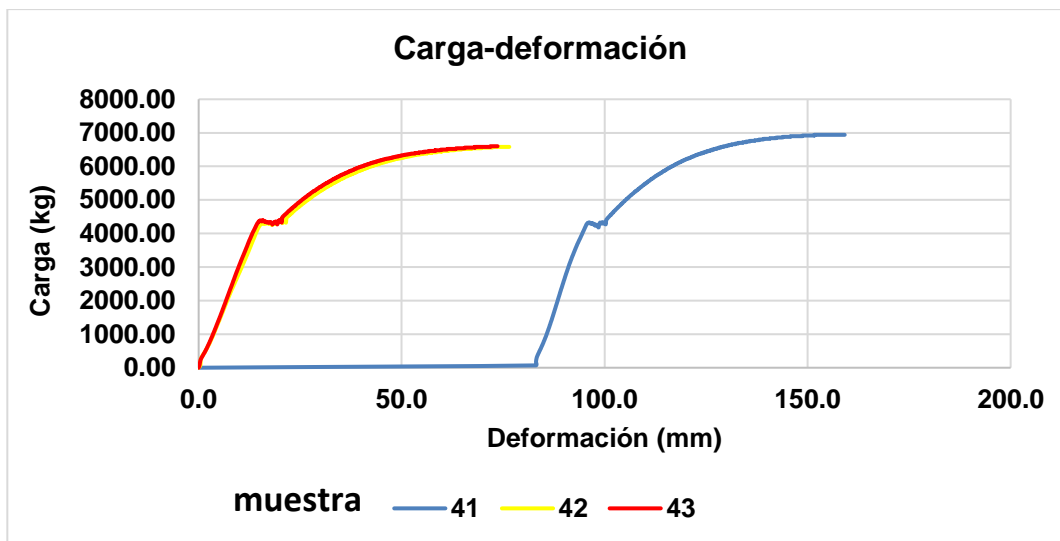
Tabla XIX. **Resultados de análisis para varillas Ø 1/2”**  
**(Norma NTG 36011)**

Ensayo a tensión							
Muestra No.	Peso kg/m	Diámetro mm	Perímetro mm	Área cm <sup>2</sup>	Espac. Long mm	Ancho ribete mm	Altura mm
41	0,965	12,52	39,33	1,23	10,7	2,82	0,59
42	0,960	12,49	39,23	1,22	16,0	1,53	0,80
43	0,960	12,49	39,23	1,22	16,5	1,27	0,92

Muestra No.	Esfuerzo a tensión MPA		Elongación 20 cm	Grado Estructural (Norma NTG 36011)
	Fluencia	Máximo		
41	328,79	527,58	26,00	40
42	326,51	500,22	21,00	40
43	333,35	500,22	24,00	40

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Gráfica carga deformación varilla Ø 1/2”**



Fuente: elaboración propia.

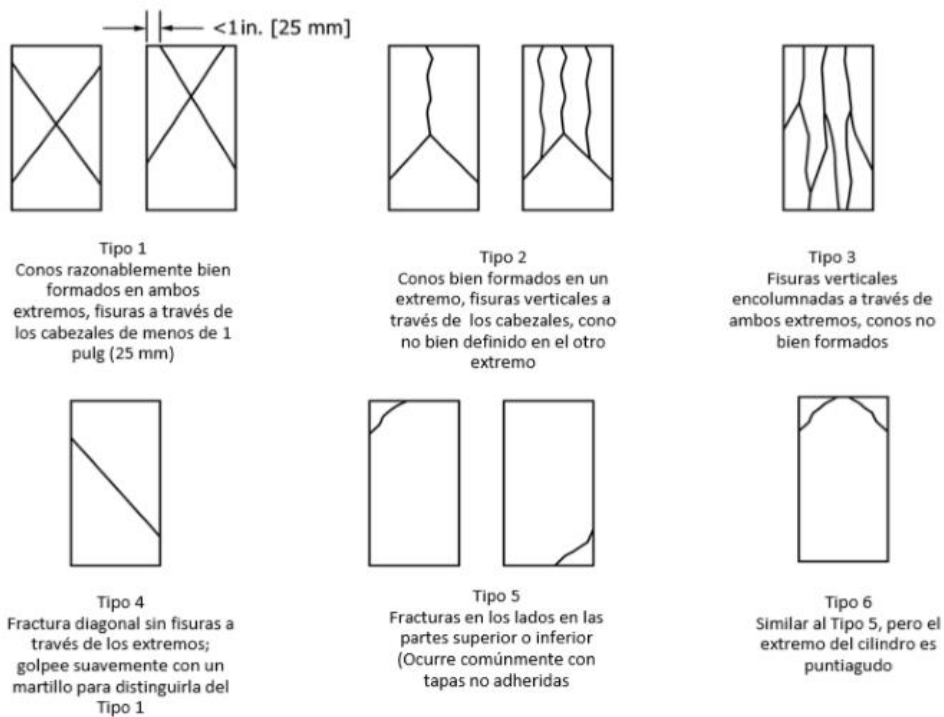
- Resultados de concreto: a continuación, se presentan los resultados de las características físicas y mecánicas de los concretos evaluados. (Ver informe de laboratorio en anexo 3).

De acuerdo con la Norma NTG 41017 h1.1., en el ensayo de resistencia a compresión de cilindros de concreto, se obtuvo la siguiente información:

- Diámetro promedio medido y longitud medida, en mm (pulgadas)
- Área de la sección transversal, en mm<sup>2</sup> (pulgadas cuadradas)
- Carga máxima, en kilonewtons (libras-fuerza)
- Resistencia a la compresión calculada a los 0,1 MPA (10 lb/pulg<sup>2</sup>) más cercanos.
- Si se indica el promedio de dos o más cilindros compañeros ensayados a la misma edad, calcule la resistencia a la compresión promedio utilizando los valores de resistencia a la compresión individuales no redondeados, se presenta la resistencia a la compresión media redondeada a 0,1 MPA (10 lb/pulg<sup>2</sup>) más cercana.
- Precisión de un solo operador: en el cuadro 4 de la Norma NTG 41017, se indica la precisión de un solo operador para los ensayos de cilindros de 150 mm por 300 mm (6 pulgadas por 12 pulgadas) y 100 mm por 200 mm (4 pulgadas por 8 pulgadas), elaborados de una muestra de concreto correctamente mezclada bajo condiciones de laboratorio y bajo condiciones de obra.

- Tipo de fractura, si es diferente que el cono habitual.
- Todos los especímenes de ensayo para cada edad de ensayo, se rompieron dentro de las tolerancias de tiempo admisibles, indicadas en el Cuadro 2 de la Norma NTG 41017 h1, t.

Figura 13. **Tipos de fracturas en el ensayo a compresión de cilindros de concreto**



Fuente: Norma NTG 41017 h1. p. 19.

Tabla XX. **Características de las mezclas**

Tipo de mezcla	Fecha colocación	Uso del concreto	Tipo de cemento	f' C <sub>28</sub> días
Mezcla M1	09/10/2018	Representativo de cimientos, zapatas, columnas y vigas.	Cementos Progreso UGC.	210,0 kg/cm <sup>2</sup> (3 000 psi).
Mezcla M2	23/10/2018			
Mezcla M3	23/10/2018			
Mezcla M4	25/10/2018			
Mezcla M5	25/10/2018			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Resultados de análisis para mezclas de concreto M1**

No. Cilindro Laboratorio	Peso (kg)	Ø <sub>PROM</sub> (cm)	h <sub>PROM</sub> (cm)	Tipo de fractura	Carga (libras)	Resistencia (MPA)	Resistencia (lb/pul <sup>2</sup> )	Edad ensayo (días)
1	3,535	10,175	20,113	B	24 500	13,40	1 930	7
2	3,535	10,190	20,183	B	24 400	13,30	1 940	
3	3,530	10,155	20,123	B	24 800	13,60	1 970	
4	3,520	10,135	20,190	B	30 500	16,80	2 440	14
5	3,550	10,135	20,140	B	30 500	16,80	2 440	
6	3,550	10,165	20,160	B	29 500	16,20	2 350	
7	3,530	10,180	20,197	B	35 900	19,60	2 840	28
8	3,550	10,205	20,253	B	39 000	21,20	3 080	
9	3,560	10,200	20,260	B	38 000	20,70	3 000	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. Resultados de análisis para mezclas de concreto M2

No. Cilindro Laboratorio	Peso (kg)	Ø <sub>PROM</sub> (cm)	h <sub>PROM</sub> (cm)	Tipo de fractura	Carga (libras)	Resistencia (MPA)	Resistencia (lb/pul <sup>2</sup> )	Edad ensayo (días)
10	3,545	10,140	20,147	B	25 500	14,00	2 030	7
11	3,540	10,155	20,133	B	18 100	10,00	1 450	
12	3,550	10,190	20,133	B	21 500	11,90	1 730	
13	3,620	10,105	20,427	B	30 500	16,70	2 440	14
14	3,590	10,135	20,263	E	29 500	16,10	2 340	
15	3,520	10,120	20,147	B	40 000	22,10	3 210	
16	3,570	10,145	20,247	B	27 500	15,10	2 190	28
17	3,540	10,140	20,133	B	45 000	24,80	3 600	
18	3,640	10,180	20,310	E	35 000	19,10	2 790	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. Resultados de análisis para mezclas de concreto M3

No. Cilindro Laboratorio	Peso (kg)	Ø <sub>PROM</sub> (cm)	h <sub>PROM</sub> (cm)	Tipo de fractura	Carga (libras)	Resistencia (MPA)	Resistencia (lb/pul <sup>2</sup> )	Edad ensayo (días)
19	3,610	10,215	20,237	A	20 800	11,30	1 640	7
20	3,650	10,190	20,550	C	21 900	11,90	1 730	
21	3,660	10,320	20,543	B	20 200	10,70	1 550	
22	3,630	10,205	20,247	B	26 000	14,10	2 050	14
23	3,630	10,150	20,380	B	24 000	13,20	1 920	
24	3,640	10,220	20,327	B	30 000	16,30	2 370	
25	3,630	10,180	20,123	B	32 500	17,80	2 580	28
26	3,610	10,190	20,227	B	33 000	18,00	2 610	
27	3,660	10,130	20,423	B	34 000	18,80	2 730	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Resultados de análisis para mezclas de concreto M4**

No. Cilindro Laboratorio	Peso (kg)	Ø <sub>PROM</sub> (cm)	h <sub>PROM</sub> (cm)	Tipo de fractura	Carga (libras)	Resistencia (MPA)	Resistencia (lb/pul <sup>2</sup> )	Edad ensayo (días)
19	3,610	10,215	20,237	A	20 200	11,10	1 610	7
20	3,650	10,190	20,550	C	19 000	10,30	1 490	
21	3,660	10,320	20,543	B	19 000	10,80	1 570	
22	3,630	10,205	20,247	B	26 000	24,90	3 610	14
23	3,630	10,150	20,380	B	45 500	23,20	3 370	
24	3,640	10,220	20,327	B	42 500	22,10	3 210	
25	3,630	10,180	20,123	B	48 000	26,30	3 820	28
26	3,610	10,190	20,227	B	52 000	28,60	4 150	
27	3,660	10,130	20,423	B	50 000	27,80	4 030	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Resultados de análisis para mezclas de concreto M5**

No. Cilindro Laboratorio	Peso (kg)	Ø <sub>PROM</sub> (cm)	h <sub>PROM</sub> (cm)	Tipo de fractura	Carga (libras)	Resistencia (MPA)	Resistencia (lb/pul <sup>2</sup> )	Edad ensayo (días)
28	3,610	10,170	20,443	B	27 100	14,90	2 160	7
29	3,590	10,220	20,230	B	25 400	13,90	2 020	
30	3,590	10,205	20,227	B	25 500	14,10	2 050	
31	3,550	10,175	20,300	B	43 000	23,50	3 410	14
32	3,570	10,175	20,327	B	43 000	23,50	3 410	
33	3,590	10,195	20,347	E	47 500	25,90	3 760	
34	3,550	10,170	20,210	B	52 000	28,70	4 160	28
35	3,590	10,145	20,393	E	45 500	25,20	3 660	
36	3,600	10,135	20,490	B	32 000	17,50	2 540	

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.1. Análisis de resultados

En cada proyecto el diseño, asesoría y la supervisión deben ser realizados por profesionales o personal capacitado en el tema; en los proyectos se utilizan diferentes materiales de construcción, es importante tener información sobre la calidad de los materiales de construcción disponibles en cada región del país.

De acuerdo a lo establecido, los materiales que más influencia tienen en la economía y el desempeño de los proyectos en el campo de la construcción son el cemento, concreto y el acero. A continuación, se analizan los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a los diferentes materiales de construcción evaluados en el presente trabajo.

- Agregado fino: de acuerdo con los requisitos y especificaciones de la Norma NTG-41007.
  - El módulo de finura es 2,65, la especificación indica que debe estar entre 2,3 y 3,1, por lo tanto, cumple. El módulo de finura del agregado fino es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto y es un índice de la finura del agregado, entre mayor sea el módulo de finura, más grueso será el agregado.
  - La granulometría se encuentra dentro de los límites en la norma, excepto el tamiz No.  $\frac{3}{4}$ " el que se encuentra fuera.
  - El porcentaje que pasó por el tamiz 200 fue 0,90 %, el límite cuando se trata de arena es hasta 7 %, por lo tanto, cumple. Con un bajo porcentaje de muestra que pasa tamiz 200, el agregado se



comporta de manera favorable permitiendo adherencia por su área de contacto.

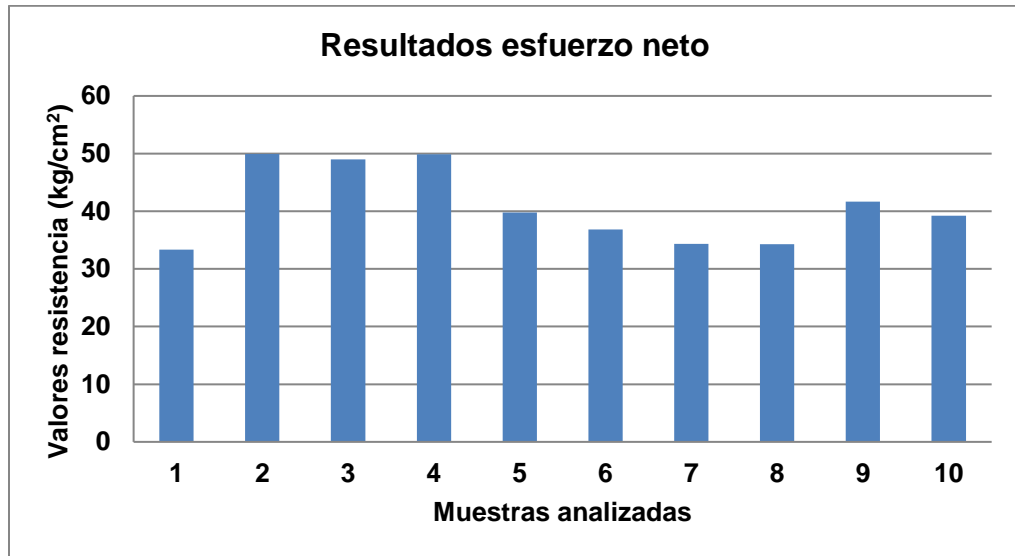
- Las cantidades de agregado fino que pasan las mallas No.50 y No.100, pueden afectar la trabajabilidad, la textura superficial y el sangrado del concreto.
  - La cantidad de vacíos entre las partículas afecta la demanda de pasta en el diseño de la mezcla, varía entre el 43 % compactado y 46 % suelto.
  - El agregado fino tiene un valor de absorción del 0,8 % y la gravedad específica 2 670,0 kg/m<sup>3</sup>.
  - El resto de propiedades físicas como el peso específico, el peso unitario, el peso unitario suelto y el porcentaje de absorción, son propias del material y son consideradas al realizar la mezcla de concreto.
- Agregado grueso: de acuerdo con los requisitos y especificaciones de la Norma NTG-41007.
    - El porcentaje que pasó por el tamiz 200 fue 2,80 %, por lo tanto, cumple.
    - El módulo de finura es 6,73, la especificación indica que debe estar entre 2,3 y 3,1, por lo tanto, no cumple.

- La granulometría se encuentra dentro de los límites en la norma, excepto el tamiz No.  $\frac{3}{4}$ " el que se encuentra fuera.
- La cantidad de vacíos entre las partículas afecta la demanda de pasta en el diseño de la mezcla y varía entre el 37 % compactado y 43 % suelto para el agregado grueso.
- El agregado grueso tiene un valor de absorción del 1,8 % y la gravedad específica 2 550 kg/m<sup>3</sup>.
- Blocks: de acuerdo con lo establecido, se tomaron muestras en las distribuidoras de materiales de construcción y obras en construcción en el municipio de Patulul.

Los blocks evaluados son de uso general en las construcciones en el municipio por su resistencia, forma regular y fácil manejo; se midieron las dimensiones, peso, absorción, densidad y esfuerzos neto y bruto. Es importante que se cuente con certificados técnicos de los materiales y respetar los usos recomendados y no sobrepasar su capacidad de resistencia a compresión.

- De acuerdo con los resultados y las especificaciones de la Norma COGUANOR NTG 41054, todos los blocks se clasifican como:
- Bloque hueco de hormigón Clase C, liviano  
Resistencia a compresión neta promedio 98,83 kg/cm<sup>2</sup>.

Figura 14. **Resultados resistencia a compresión blocks**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Especificaciones de resistencia, absorción y densidad para blocks (Norma NTG 41054)**

Clase	Esfuerzo neto (kg/cm <sup>2</sup> )		Densidad (kg/cm <sup>3</sup> )	Absorción (%)	
	Individual	5 promedio		Individual	5 promedio
	≥ 56	≥ 66	D < 1 680	≤ 22	≤ 20
C	Uso no estructural con alta absorción de humedad, muros exteriores o interiores sobre el nivel del suelo, que no soportan carga, o que la soportan en muros de edificaciones de un nivel, menores de 50 metros cuadrados de construcción con distribución simétrica.				

Fuente: elaboración propia.

- Ladrillos: se ensayaron un total de 4 ladrillos distribuidos de la siguiente manera: tres de 23 x 11 x 5 cm y uno de 23 x 11 x 22 cm; las muestras fueron tomadas en las distribuidoras de materiales de construcción y obras en construcción en el municipio de Patulul. Los ladrillos evaluados son homogéneos, regulares en su forma, dimensiones y color; tienen como principal materia prima la arcilla.

Se utilizan en la construcción tradicional y en toda clase de construcciones por su forma regular y fácil manejo, ya que soportan la humedad y ofrecen un mejor comportamiento acústico, pues reducen en gran porcentaje los ruidos de un ambiente a otro en comparación con otros materiales de albañilería.

Cuando se utiliza ladrillos y para que la construcción sea segura y cumpla con las normas de calidad, se recomienda:

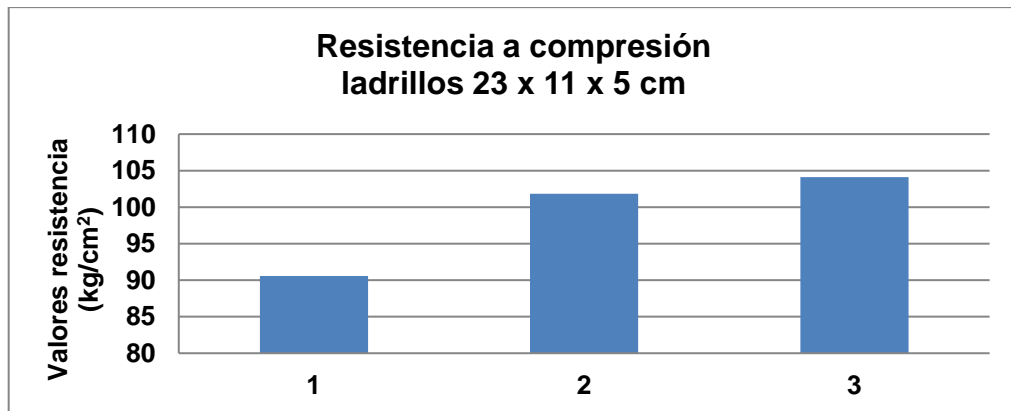
- Identificar el tipo de suelo sobre el que se va a construir
- Utilizar buenos materiales de construcción
- Contar con un diseño realizado por profesionales en el campo
- Utilizar mano de obra calificada

En general los ladrillos tienen un buen comportamiento térmico, resisten altas temperaturas, no son combustibles y no emiten gases ni humos en contacto con el fuego, lo que otorga una barrera protectora de ser necesaria ante un incendio. Es importante que los ladrillos cuenten con certificados técnicos que garanticen su calidad.

De acuerdo con los resultados y las especificaciones de las Normas COGUANOR NTG 41 022 y NTG 41 023, los ladrillos se clasifican como: Tipo A, ladrillos hechos a máquina. Paredes con carga moderada, expuesta en una cara y clima lluvioso moderado.

- Ladrillos 23 x 11 x 5 cm  
Resistencia a compresión promedio 98,83 kg/cm<sup>2</sup>.
- Ladrillos 23 x 11 x 22 cm  
Resistencia a compresión promedio 96,35 kg/cm<sup>2</sup>.

Figura 15. **Resultados ensayo a compresión ladrillos 23 x 11 x 5 cm**



Fuente: elaboración propia.

Los resultados son importantes, para que las edificaciones trabajen adecuadamente ante los desastres los profesionales, comerciantes y pobladores del municipio, deben de respetar los usos recomendados para los ladrillos de esta clasificación y no sobrepasar su capacidad de resistencia.

- Acero: de acuerdo con el estudio realizado, el tipo y tamaño de las construcciones en el municipio, se evaluaron muestras de varillas de acero de los siguientes diámetros: varilla lisa de  $\varnothing \frac{1}{4}$ ", varillas corrugadas de  $\varnothing \frac{3}{8}$ " y  $\frac{1}{2}$ ".

Se considera como varilla corrugada la que cumple con los requisitos de deformación superficial o resaltos en su superficie, las corrugaciones deben estar igualmente espaciadas a todo lo largo de la varilla. Las que no estén de acuerdo con dichos requisitos se considerarán como varillas lisas.

De acuerdo con los resultados de los ensayos, las varillas de acero que se utilizan en el municipio cumplen con las especificaciones indicadas en la Norma NTG 36011.

- Cemento: se verificó que las condiciones físicas y de almacenamiento del cemento en las distribuidoras visitadas, eran las que se recomiendan. Es importante que el tipo de cemento que se utilice sea el adecuado de acuerdo con el diseño y tipo de la obra.
- Concreto: se elaboraron cilindros de concreto (nueve por tipo de mezcla), la dosificación de las mezclas, produjeron concretos con resistencia adecuada, una manejabilidad apropiada para su vaciado y un bajo costo. Las muestras se mantuvieron en condiciones de humedad controlada hasta la edad de ensayo (7, 14 y 28 días). El parámetro de mayor importancia es la resistencia última, es decir, la carga máxima que el concreto puede soportar. El Código ACI estipula que la calidad del concreto es satisfactoria sí.

- Ningún resultado de un ensayo de resistencia individual (el promedio de un par de ensayos sobre cilindros) está por debajo del valor de  $f'_c$  requerido en más de 3,5 MPa.
- El promedio de todos los conjuntos de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o mayor al valor requerido de  $f'_c$ .
- M1: de acuerdo con las características de la mezcla ( $f'_{C28 \text{ días}} = 210,0 \text{ kg/cm}^2$ ) y los resultados del ensayo a compresión: el valor de la resistencia a la compresión a los 7 días fue un 65 %, a los 14 días fue 81 % y a los 28 días un 99 % del valor de la resistencia de diseño a los 28 días; cumple con el valor del  $f'_{C28 \text{ días}}$  de diseño del concreto.
- M2: de acuerdo con las características de la mezcla ( $f'_{C28 \text{ días}} = 210,0 \text{ kg/cm}^2$ ) y los resultados del ensayo a compresión: el valor de la resistencia a la compresión a los 7 días fue un 52 %, a los 14 días fue 79 % y a los 28 días un 104 % del valor de la resistencia de diseño a los 28 días; supera al valor del  $f'_{C28 \text{ días}}$  de diseño del concreto.
- M3: de acuerdo con las características de la mezcla ( $f'_{C28 \text{ días}} = 210,0 \text{ kg/cm}^2$ ) y los resultados del ensayo a compresión: el valor de la resistencia a la compresión a los 7 días fue un 53 %, a los 14 días fue 72 % y a los 28 días un 87 % del valor de la resistencia de diseño a los 28 días; no cumple con el valor del  $f'_{C28 \text{ días}}$  de diseño del concreto.
- M4: de acuerdo con las características de la mezcla ( $f'_{C28 \text{ días}} = 210,0 \text{ kg/cm}^2$ ) y los resultados del ensayo a compresión: el valor de la resistencia a la compresión a los 7 días fue un 52 %, a los 14 días

fue 111 % y a los 28 días un 131 % del valor de la resistencia de diseño a los 28 días; supera al valor del  $f'_{C_{28 \text{ días}}}$  de diseño del concreto.

- M5: de acuerdo con las características de la mezcla ( $f'_{C_{28 \text{ días}}} = 210,0 \text{ kg/cm}^2$ ) y los resultados del ensayo a compresión: el valor de la resistencia a la compresión a los 7 días fue un 64 %, a los 14 días fue 115 % y a los 28 días un 128 % del valor de la resistencia de diseño a los 28 días; supera al valor del  $f'_{C_{28 \text{ días}}}$  de diseño del concreto.



Tabla XXVII. **Resumen de resultados de resistencia a compresión/ $f'_{C_{diseño 28 \text{ días}}}$**

<b>Resultados relación <math>f'_{C_{M1}}/f'_{C_{diseño 28 \text{ días}}}</math></b>		
<b>Tipo de mezcla</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Valor relación <math>f'_{C_{M1}}/f'_{C_{diseño 28 \text{ días}}}</math></b>
M1	7	0,65
	14	0,81
	28	0,99
M2	7	0,52
	14	0,79
	28	1,04
M3	7	0,53
	14	0,72
	28	0,87
M4	7	0,52
	14	1,11
	28	1,31
M5	7	0,64
	14	1,15
	28	1,28

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.2. **Costos materiales evaluados**

Problemas como el agotamiento de recursos naturales y la mayor demanda de servicios para una población en continuo crecimiento, hace que cada día se necesiten con más urgencia nuevos materiales y tecnologías en la construcción, para que las edificaciones y viviendas sean más funcionales, seguras y económicas.

En Guatemala la mampostería es el sistema constructivo más utilizado en los proyectos de vivienda y el concreto, el material de construcción con mayor demanda. El uso de la mampostería como sistema constructivo en el municipio de Patulul tuvo un crecimiento sensible después del terremoto de 1976, la reconstrucción pos terremoto incrementó el uso del block y el ladrillo.

De acuerdo a lo establecido la mayoría de los materiales de construcción que se utilizan en el municipio de Patulul, se fabrican o producen en otros departamentos, lo que impacta en los precios que se manejan en el comercio.

Los factores de cálculo de los costos unitarios pueden dar un incremento o decremento de los costos, dependiendo de la complejidad del proyecto se utilizan regularmente los siguientes factores:

- Prestaciones laborales
- Desperdicio de materiales
- Imprevistos
- Gastos indirectos
- Gastos generales
- Utilidad

Estos factores se encuentran a su vez afectados por las siguientes situaciones que hacen variar su ponderación:

- Sistema constructivo utilizado
- Complejidad de la obra
- Grado de detalle de la planificación
- Ubicación geográfica
- Políticas en la contratación del personal
- Leyes aplicables

Para poder estimar los costos de los fletes y acarreo de materiales, es necesario contar con factores en función del peso y del recorrido en kilómetros para los diferentes tipos de transporte que se pueden utilizar, dependiendo del acceso existente y de la topografía del terreno.

Para los costos de los proyectos evaluados en este trabajo, los factores de cálculo que se utilizan regularmente para los precios de los materiales, ya están incluidos.

Para optimizar los costos del concreto es importante realizar una buena dosificación de las mezclas, ajustándolas para que el consumo del cemento sea el ideal para cierta calidad y resistencia esperada.

El hecho de utilizar materiales que se producen en gran medida en la región o accesibles es un punto a favor en la economía en los proyectos de construcción.

Tabla XXVIII. **Comparación precios de agregado fino (m<sup>3</sup>), capital-Patulul**

<b>Material evaluado: arena de río (m<sup>3</sup>)</b>							
Distribuidor Patulul	Marca, procedencia material	Precio Patulul (Q)	Precio promedio (Q)	Distribuidor capital	Marca, procedencia material	Precio capital (Q)	Precio promedio (Q)
No. 1	Guachipilín, Siquinalá.	105,00	107,00	No. 1	AGRECA, Planta Los esclavos.	95,00	96,00
No. 2	Guachipilín, Siquinalá.	105,00		No. 2	Banco desconocido.	90,00	
No. 3	Guachipilín, Siquinalá.	110,00		No. 3	Banco desconocido.	10,85	
Comentario: de acuerdo con los resultados, el precio promedio del agregado fino es mayor en el municipio de Patulul en relación al de la capital (Q 11,00 por metro cúbico).							

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Comparación precios de agregado grueso (m<sup>3</sup>), capital-Patulul**

<b>Material evaluado: pedrín de 1/2" (m<sup>3</sup>)</b>							
Distribuidor Patulul	Procedencia material	Precio Patulul (Q)	Precio promedio (Q)	Distribuidor capital	Marca, procedencia material	Precio capital (Q)	Precio promedio (Q)
No. 1	Guachipilín, Siquinalá.	190,00	182,00	No. 1	AGRECA, Planta Los esclavos.	195,00	192,00
No. 2	Guachipilín, Siquinalá.	190,00		No. 2	Banco desconocido.	191,11	
No. 3	Guachipilín, Siquinalá.	165,00		No. 3	Banco desconocido.	190,00	
Comentario: de acuerdo con los resultados, el precio promedio del agregado grueso es mayor en la capital en relación al municipio de Patulul (Q 10,00 por metro cúbico).							

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Comparación precios de blocks (unidad), capital-Patulul**

<b>Material evaluado: block 35 kg 14x19x39 (unidad)</b>							
Distribuidor Patulul	Procedencia material	Precio Patulul (Q)	Precio promedio (Q)	Distribuidor capital	Marca, procedencia material	Precio capital (Q)	Precio promedio (Q)
No. 1	La Retalteca, Amatitlán.	3,95	3,80	No. 1	PRECON, San Miguel Petapa.	3,80	3,69
No. 2	Faxsa, Chimaltenango.	4,15		No. 2	La Roca, Guatemala.	3,54	
No. 3	La Retalteca, Amatitlán.	3,20		No. 3	Multiblock, Villa Nueva.	3,73	
Comentario: de acuerdo con los resultados, el precio promedio de block es mayor en el municipio de Patulul en relación al de la capital (Q 0,11 por unidad).							

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Comparación precios de ladrillos (unidad), capital-Patulul**

<b>Material evaluado: ladrillo tayuyo (unidad)</b>							
Distribuidor Patulul	Procedencia material	Precio Patulul (Q)	Precio promedio (Q)	Distribuidor capital	Marca, procedencia material	Precio capital (Q)	Precio promedio (Q)
No. 1	Faxsa, Chimaltenango.	2,00	2,10	No. 1	Las Cruces San Pedro Ayampuc.	2,05	1,70
No. 2	Procreto, Chimaltenango.	2,50		No. 2	Desconocido, Chimaltenango.	1,50	
No. 3	Faxsa, Chimaltenango.	1,90		No. 3	Desconocido, Chimaltenango.	1,67	
Comentario: de acuerdo con los resultados, el precio promedio de ladrillo es mayor en el municipio de Patulul en relación al de la capital (Q 0,40 por unidad).							

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Comparación precios de cemento (saco), capital-Patulul**

<b>Material evaluado: cemento (saco)</b>							
Distribuidor Patulul	Procedencia material	Precio Patulul (Q)	Precio promedio (Q)	Distribuidor capital	Marca, procedencia material	Precio capital (Q)	Precio promedio (Q)
No. 1	Cementos Progreso, Sanarate.	70,75	70,80	No. 1	Cementos Progreso, Sanarate.	73,90	74,60
No. 2	Cementos Progreso, Sanarate.	71,60		No. 2	Cementos Progreso, Sanarate.	74,68	
No. 3	Cemento Tolteca, México .	70,00		No. 3	Cementos Progreso, Sanarate.	75,32	
Comentario: de acuerdo con los resultados, el precio promedio del cemento es mayor en la capital en relación al municipio de Patulul (Q 3,80 por saco).							

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Comparación precios de acero 1/4", capital-Patulul**

<b>Material evaluado: varilla lisa 1/4" legítimo (quintal)</b>							
Distribuidor Patulul	Procedencia material	Precio Patulul (Q)	Precio promedio (Q)	Distribuidor capital	Marca, procedencia material	Precio capital (Q)	Precio promedio (Q)
No. 1	Multigroup, Palín.	271,25	269,95	No. 1	AG, Masagua	261,00	269,50
No. 2	AG, Masagua.	273,60		No. 2	Aceros Suarez, Amatitlán.	264,45	
No. 3	Aceros Suarez, Amatitlán.	265,00		No. 3	AG, Masagua	283,00	
Comentario: de acuerdo con los resultados, el precio promedio del acero (varilla lisa 1/4" legítimo) es mayor en el municipio de Patulul en relación al de la capital (Q 0,40 por quintal).							

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Comparación precios de acero 3/8", capital-Patulul**

<b>Material evaluado: varilla corrugada 3/8" legítimo (quintal)</b>							
Distribuidor Patulul	Procedencia material	Precio Patulul (Q)	Precio promedio (Q)	Distribuidor capital	Marca, procedencia material	Precio capital (Q)	Precio promedio (Q)
No. 1	Multigroup, Palín.	284,35	302,80	No. 1	AG, Masagua	284,05	293,60
No. 2	AG, Masagua.	284,00		No. 2	Aceros Suarez, Amatitlán.	290,62	
No. 3	Aceros Suarez, Amatitlán.	340,00		No. 3	AG, Masagua	306,00	
Comentario: de acuerdo con los resultados, el precio promedio del acero (varilla corrugada 3/8" legítimo) es mayor en el municipio de Patulul en relación al de la capital (Q 9,02 por quintal).							

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Comparación precios de acero 1/2", capital-Patulul**

<b>Material evaluado: varilla corrugada 1/2" legítimo (quintal)</b>							
Distribuidor Patulul	Procedencia material	Precio Patulul (Q)	Precio promedio (Q)	Distribuidor capital	Marca, procedencia material	Precio capital (Q)	Precio promedio (Q)
No. 1	Multigroup, Palín.	284,35	298,80	No. 1	AG, Masagua	271,60	273,60
No. 2	AG, Masagua.	272,00		No. 2	Aceros Suarez, Amatitlán.	256,21	
No. 3	Aceros Suarez, Amatitlán.	340,00		No. 3	AG, Masagua	293,00	
Comentario: de acuerdo con los resultados, el precio promedio del acero (varilla corrugada 1/2" legítimo) es mayor en el municipio de Patulul en relación al de la capital (Q 25,02 por quintal).							

Fuente: elaboración propia.

### **3.2. Ventajas y desventajas de los materiales locales**

En el municipio de Patulul se encuentran edificaciones construidas hace algún tiempo sin ningún o con muy poco criterio de seguridad y son vulnerables por antigüedad, existen otros sectores con construcciones que con el tiempo van envejeciendo y debilitándose, lo que se define como vulnerabilidad progresiva.

Actualmente la mayoría de las edificaciones en el municipio se edifican utilizando materiales de construcción estandarizados o utilizando materiales alternativos amigables con el ambiente y que permitan potenciar su capacidad de reducir los daños de las edificaciones frente a los eventos extremos. Cabe resaltar la importancia de los reglamentos como un medio para reducir el riesgo en las construcciones ante estos fenómenos naturales.

Las viviendas de adobe en mal estado existentes son propensas a colapsar en casos de sismos debido a que algunas presentan muros con agrietamientos o fisuras, alto índice de humedad, derrumbes parciales e instalaciones básicas deterioradas, lo que compromete la estabilidad de la construcción.

Los procesos de prefabricación de los sistemas constructivos permiten que se hagan más eficientes, reduciendo la pérdida de recursos, el tiempo de mano de obra, los impactos ambientales generados, así como asegurar la calidad del producto y la seguridad durante el proceso.

En Guatemala existe una gran diversidad de bancos de materiales para construcción, debido a su geografía y los diferentes bancos de rocas distribuidos en diferentes regiones del país. La forma de explotación y producción de agregados pétreos en cada caso, así como las condiciones naturales pueden



ocasionar cambios de la resistencia última del concreto e incidir posteriormente en la calidad de las obras de infraestructura que se realicen.

En el municipio de Patulul, la mayoría de los materiales de construcción que se utilizan se fabrican o producen en otros lugares y departamentos; las características de los agregados pueden variar durante los procesos de explotación, manejo y transporte.

- Banco de materiales finca Guachipilín: de acuerdo a lo establecido en el banco se realiza el proceso de explotación mecanizada de acuerdo a la normativa aplicable para este tipo de actividad; las labores principales son extracción, trituración, selección y acopio.

El banco se ubica en una zona con alta intensidad y duración de las precipitaciones, lo que favorece el arrastre de materiales orgánicos y de tipo arcilloso, difíciles de remover del material recuperado, lo cual puede afectar la calidad del agregado tanto grueso como fino.

En general, la calidad de los agregados del banco de la finca Guachipilín es apta para su uso en la industria de la construcción y particularmente en concretos y morteros.

- Agregado fino: de acuerdo con las especificaciones de la Norma NTG-41007 y los resultados de los ensayos realizados, se concluye lo siguiente.
  - La granulometría del agregado fino depende del tipo de estructura, calidad de la mezcla y del tamaño máximo del agregado grueso.

- La granulometría del agregado fino se encuentra dentro de los límites de la especificación, lo que indica que el material posee una adecuada graduación; al no presentar exceso de finos ni gruesos presenta una uniformidad.
- Agregado grueso: de acuerdo con las especificaciones de la Norma NTG-41007 y los resultados de los ensayos realizados, se concluye lo siguiente.
  - De acuerdo a los resultados el material se encuentra dentro de los límites fijados por la Norma NTG-41007, esto indica que el material posee una adecuada graduación.
  - El tamaño máximo de agregado grueso se relaciona con los costos del proyecto, por lo general se necesita más agua y cemento para agregados de tamaño pequeño que para mayores tamaños.
  - El tamaño máximo nominal de un agregado, es el que corresponde a la menor abertura de tamiz a través de la cual pasa la mayor parte del agregado.
  - El resto de propiedades físicas son propias del material y son consideradas al realizar la mezcla de concreto, se incluyen el peso específico, el peso unitario, el peso unitario suelto y el porcentaje de absorción.
- Blocks: en la región existen muchas empresas que se dedican a la producción de este material utilizando diversos métodos para su producción (mecanizados, artesanales, otros).

- Ladrillos: en la región existen varias fábricas se dedican a su producción utilizando distintos métodos (mecanizados, artesanales, otros), la materia prima es obtenida en la región.

En el escenario actual y en el mediano plazo se puede vislumbrar que el uso de este material continuará en crecimiento en el municipio de Patulul, por esta razón se deben fortalecer las capacidades técnicas de los ladrilleros proveedores en diferentes temas.

Construir con ladrillo permite remodelar sin inconvenientes mayores, pues se pueden retirar paredes de separación (tabiquería) para ampliaciones o cambios de distribución sin temor a que la edificación o vivienda se desplome.

- Cemento: en el municipio de Patulul se encuentran diferentes marcas y tipos de cementos nacionales y extranjeros, lo que facilita su uso en las construcciones que se realizan en el municipio. El cemento tiene varios parámetros físicos-mecánicos que se encuentran normalizados; para ser utilizado en la construcción debe cumplir con los requisitos mínimos especificados en las normas.
- Concreto: se debe impulsar el uso del concreto como material durable por excelencia, es necesario controlar su calidad mediante procesos de normalización y de capacitación a los vecinos y usuarios. En obra se pueden tener las siguientes alternativas.
  - Concreto hecho en obra
  - Concreto premezclado en planta

- Concreto pre dosificado en sacos

La necesidad de contar con un concreto de calidad hace indispensable conocer la calidad de sus componentes, ya que tanto la resistencia como la durabilidad dependen de las propiedades físicas, mecánicas, petrográficas y químicas de ellos, especialmente de los agregados.

Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga un sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto, sin embargo, algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto.

Tabla XXXVI. **Ventajas del uso de concreto**

Tipo de concreto	Usos	Ventajas
Simple	Se utiliza para construir diferentes elementos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a fuerzas de compresión elevadas.</li> <li>• Bajo costo.</li> <li>• Larga duración.</li> <li>• Puede moldearse de muchas formas.</li> <li>• Presenta amplia variedad de texturas y colores.</li> </ul>
	En la albañilería el concreto es utilizado también en forma de ladrillos o bloques.	
Reforzado (estructural)	Es el concreto reforzado con acero en forma de varillas o mallas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es capaz de soportar grandes esfuerzos de tensión que serán tomados por el acero de refuerzo.</li> <li>• Al colocar el acero transversalmente los elementos aumentan su capacidad de resistencia a fuerzas cortantes o torsionales.</li> </ul>
	Se utiliza en elementos como vigas o trabes, losas, cimientos, columnas, muros de retención, ménsulas, otros.	
	La elaboración de elementos de concreto pre esforzado, que a su vez pueden ser pretensados y pos tensados.	

Fuente: elaboración propia.

Las causas últimas de los daños y deterioro en el concreto son numerosas y de variados orígenes químicos y físicos, incluyendo otras causas como errores

de diseño, mala ejecución durante la construcción o efectos del envejecimiento, choques o accidentes en las estructuras, entre otros.

- Agua: el concreto endurecido está influenciado por la presencia o acción del agua en su propia estructura.
- Fuego: el concreto es uno de los materiales con mayor resistencia al fuego, sin embargo, un incendio constituye una amenaza para las edificaciones de concreto, este comienza a deteriorarse a temperaturas superiores a los 380 °C en períodos prolongados de tiempo.

A los 400 °C se produce una pérdida de resistencia entre el 15 al 25 % de acuerdo a los materiales, por encima de los 400 °C deja de tener una resistencia a la compresión viable y se debilita en mayor medida al enfriarse cuando se apague el fuego.

- Terremotos: la resistencia de este material ante los terremotos responde a que los muros de concreto reforzado son un sistema compuesto en el cual la ductilidad excepcional del acero para resistir las fuerzas de tracción junto con la habilidad del concreto para resistir la compresión resulta en una excelente combinación para afrontar los embates de un temblor.
- Acero: las tres formas más comunes de los materiales ferrosos son el acero, el hierro colado y el hierro forjado o hierro dulce.



## CONCLUSIONES

1. Las vulnerabilidades detectadas en los procesos constructivos en el municipio de Patulul son la falta de capacidad y apoyo técnico, reglamentos de construcción y normativa de la misma y los fenómenos geológicos e hidrometeorológicos. Al planificar, diseñar y construir obras nuevas se deben considerar los criterios de prevención de desastres, para optimizar los recursos y asegurar su funcionamiento.
2. En varias construcciones del municipio no se cuenta con la participación de un profesional en sus diferentes fases, diseño y ejecución. Generando construcciones de forma empírica con mampostería y concreto. El desconocimiento en los sistemas de construcción y la mala calidad de los materiales ha ocasionado que sobrecarguen sus estructuras, aumentando la vulnerabilidad de las edificaciones.
3. Se evaluó una muestra de proyectos de construcción que estén en fase inicial o intermedia de su ejecución en el municipio, identificando aspectos legales, administrativos, profesionales, técnicos, entre otros.
4. De acuerdo a lo establecido no todas las construcciones nuevas en el municipio de Patulul cumplen con el requisito de obtener licencia de construcción.
5. El daño en estructuras puede ser causado por fenómenos naturales o por la acción humana al darle un uso inadecuado, poner peso excesivo para

el que no estaban diseñadas, por falta de mantenimiento o por construir de manera incorrecta y sin asesoramiento técnico.

6. Se analizaron las principales tipologías constructivas y diseños estructurales que actualmente se utilizan en los procesos constructivos en el municipio de Patulul.
7. De acuerdo con los resultados del estudio, se determinó que los materiales de construcción que se utilizan en el municipio de Patulul vienen de la capital y municipios cercanos. La mayoría de los materiales de construcción evaluados cumplen con las especificaciones de las normas aplicables.
8. Los materiales evaluados en laboratorio cumplen con las normas nacionales vigentes, lo que permite mejorar la seguridad estructural en las edificaciones. Uno de los componentes principales a garantizar es la calidad del concreto, para ello, se requiere la utilización de agregados que cumplan con lo que establecen las normas.



## RECOMENDACIONES

1. Buscar fuentes alternas de agregados y realizar los exámenes necesarios; aun cuando se cuente con información sobre los agregados para concreto, es necesario efectuar un análisis de las características de dichos materiales antes de su uso.
2. Las autoridades académicas deben divulgar la información que aparece en este documento a todas las personas, profesionales, empresas e instituciones involucradas en actividades relacionadas con la construcción en el municipio de Patulul.
3. Que la municipalidad implemente estrategias para capacitar a los altos y medios mandos de las diferentes unidades administrativas, en materia del proceso administrativo y así fortalecer la gestión Municipal.
4. Es muy importante establecer criterios y procedimientos de diseño de las obras de ingeniería para el municipio de Patulul, que tomen en consideración las amenazas que se presentan en la región, para optimizar los recursos y asegurar su funcionamiento.
5. Crear un código de construcción y capacitar a los supervisores de la municipalidad.



## BIBLIOGRAFÍA

1. ACI 318S-08. *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y comentario*. Comité ACI 318. Farmington Hills: ACI, 2008. 600 p.
2. ASTM. Book of standards. *Standard specification for concrete aggregates*. Estados Unidos: ASTM C-33-01 vol. 04, 2002. 11 p.
3. Congreso Nacional de la República de Guatemala. *Código Municipal, Guatemala: 2002*. 48 p.
4. \_\_\_\_\_. *Ley de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres de Origen Natural o Provocado, Guatemala: 1996*. 140 p.
5. Consejo municipal de Patulul. *Reglamento de autorización de construcción del municipio de Patulul, departamento de Suchitepéquez*. Acuerdo municipal punto cuarto acta 070-2014. Guatemala: 2014. 10 p.
6. Constitución Política de la República de Guatemala. *Art. 119. Obligaciones del Estado*. Guatemala: 1985. 70 p.
7. DEL VECCHIO VASQUEZ, Deivis Leonardo. *Análisis cuantitativo de factores de riesgo constructivo en proyectos residenciales en el municipio de Turbaco bajo la metodología del PMI®*. Tesis de Ing. Civil. Universidad de Cartagena, Colombia, Facultad de Ingeniería. 2014. 111 p.

8. MANSILLA CRUZ, Oscar Manuel. Municipio de Patulul departamento de Suchitepéquez. *Diagnóstico administrativo municipal*. Trabajo de graduación de Admón. de Empresas. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas. 2013. 165 p.
9. MAZARIEGOS MORALES, Guillermo. *Análisis de los métodos constructivos de la vivienda rural en la zona norte de las Verapaces*. Trabajo de graduación de Arquitectura. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura. 2008. 83 p.
10. Ministerio de Economía. Norma COGUANOR NGO 36011-2005. *Barras de acero de refuerzo para hormigón, sin exigencias especiales de soldabilidad*. Comisión Guatemalteca de Normas. Guatemala: MINECO, 2005. 21 p.
11. Ministerio de Trabajo y Previsión Social. Acuerdo Gubernativo 229-2014. Guatemala: MTPS, 2014. 82 p.
12. MORALES SAMAYOA, Jacqueline Imelda. *Amenazas naturales en la cuenca Alto-Guacalate y análisis de la vulnerabilidad del Hospital Nacional de Antigua Guatemala para la propuesta de un plan de gestión en la reducción del riesgo a desastres*. Trabajo de graduación de Arquitectura. Maestra en Gestión de Reducción del Riesgo a Desastres, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Arquitectura. 2012. 88 p.
13. Municipalidad Distrital de Barranco. Estudio técnico. *Análisis de peligro y vulnerabilidad de riesgo de desastre urbano en materia de*

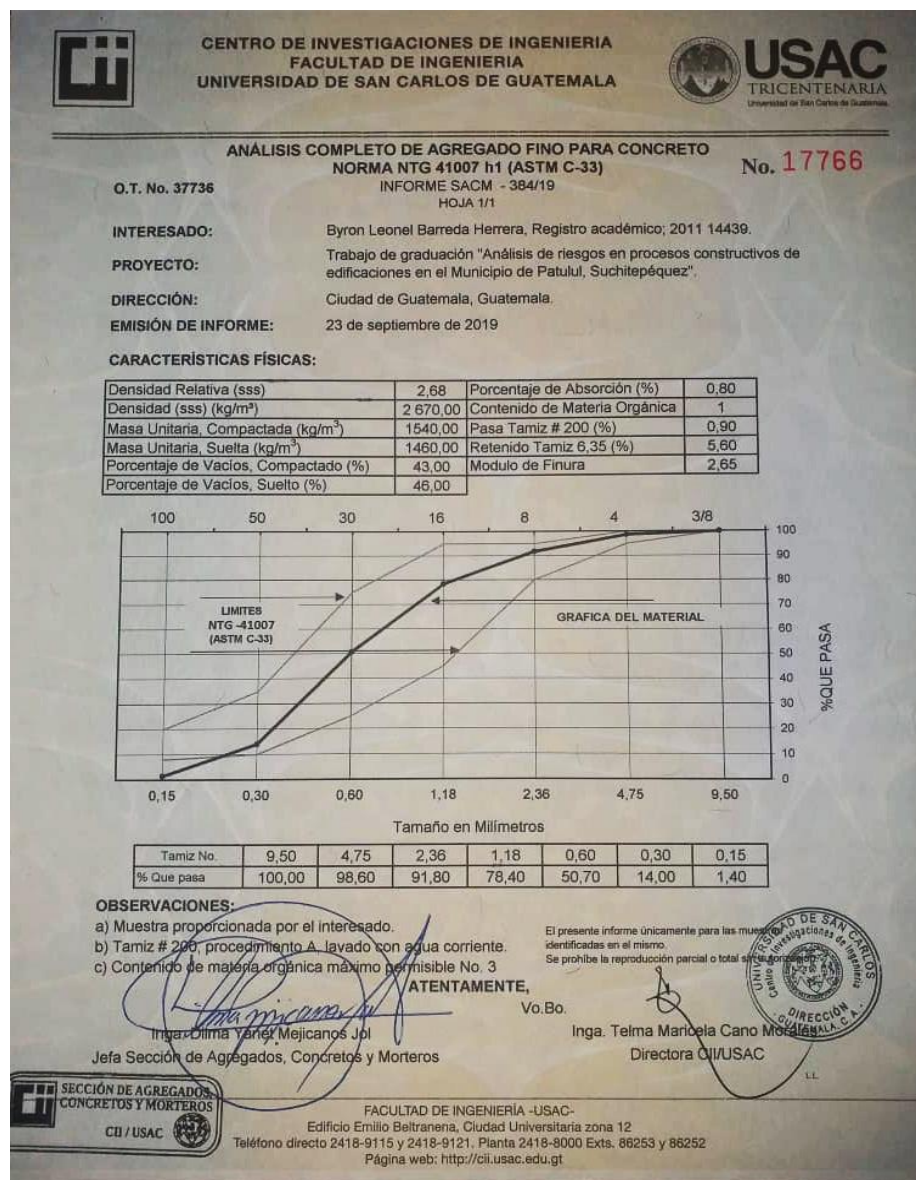
*vivienda, construcción y saneamiento de la zona monumental este del distrito de Barranco.* Lima: 2012. 78 p.

14. PRADO JUI, Byron René. *Conocimientos básicos de seguridad, higiene y control de riesgos, para ingenieros, en la construcción de obras civiles.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1998. 79 p.
15. RODRÍGUEZ ORDÓÑEZ, José Benjamín. *Factores de riesgo en seguridad y salud en la construcción de edificios y propuesta para minimizarlos.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2014. 114 p.
16. Segeplan. *Plan de Desarrollo Patulul, Suchitepéquez.* Guatemala: Segeplan, 2011-2025. 108 p.
17. SOTO AGUILAR, Vivian Verónica. *Clasificación de tareas de alto riesgo en la construcción de obras civiles y sus medidas de seguridad.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2002. 72 p.
18. VICTORIA, Juan José. *Sedimentos fluviales.* Folleto Riesgo para obras de infraestructura. Guatemala: 1999. 10 p.



# ANEXOS

## Anexo 1. Informe de laboratorio análisis agregado fino



Fuente: CII, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

## Anexo 2. Informe de laboratorio análisis agregado grueso



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



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

---

**ANÁLISIS COMPLETO DE AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO**  
NORMA NTG 41007 h1 (ASTM C-33)  
INFORME SACM - 385/19  
HOJA 1/1

**No. 17767**

O.T. No. 37737

**INTERESADO:** Byron Leonel Barreda Herrera, Registro académico; 2011 14439.

**PROYECTO:** Trabajo de graduación "Análisis de riesgos en procesos constructivos de edificaciones, en el Municipio de Patulul, Suchitepéquez".

**DIRECCIÓN:** Ciudad de Guatemala, Guatemala.

**EMISIÓN DE INFORME:** 23 de septiembre de 2019

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:**

Densidad Relativa (sss)	2,69	Pasa Tamiz # 200 (%)	2,80
Densidad (sss) (kg/m <sup>3</sup> )	2 680,00	Porcentaje de Vacíos, Compactado (%)	41,00
Masa Unitaria, Compactada (kg/m <sup>3</sup> )	1 580,00	Porcentaje de Vacíos, Suelto (%)	45,00
Masa Unitaria, Suelta (kg/m <sup>3</sup> )	1 490,00	Modulo de Finura	6,73
Porcentaje de Absorción (%)	1,70	Pasa Tamiz 6,35 (%)	14,10

No.30 No.16 No.8 No.4 3/8" 1/2" 3/4" 1" 1 1/2" 2" 2 1/2" 3"



Tamaño en milímetros

Tamiz No.	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.8	No.16
% Que pasa	100,0	100,00	90,00	52,00	32,00	5,00	0,00	0,00

**OBSERVACIONES:**

a) Muestra proporcionada por el interesado.

b) Tamiz # 200, procedimiento A, lavado con agua corriente.

El presente informe únicamente para las muestras identificadas en el mismo.  
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

**ATENAMENTE,**

Vo.Bo.

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

Inga. Telma Marcela Cano Morales  
Directora CII/USAC

SECCIÓN DE AGREGADOS,  
CONCRETOS Y MORTEROS

CII / USAC


FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-  
Edificio Emilio Beltrarena, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 88253 y 88252  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>




Fuente: CII, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.



### Anexo 3. Informe de laboratorio ensayo a compresión cilindros de concreto



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



---

**INFORME DE ENSAYO A COMPRESIÓN PARA CILINDROS DE CONCRETO**  
**NORMA NTG - 41017 h1 (ASTM C-39)** No. **17768**  
 INFORME SACM - 386/19  
**HOJA 1/2**

O.T. No. 39133

**INTERESADO:** Byron Leonel Barreda Herrera, Registro académico: 2011 14439.

**PROYECTO:** Trabajo de graduación "Análisis de riesgos en procesos constructivos de edificaciones en el Municipio de Patulul, Suchitepéquez".

**DIRECCIÓN:** Ciudad de Guatemala, Guatemala.

**EMISIÓN DE INFORME:** 23 de septiembre de 2019

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE COLOCACIÓN	FECHA DE RUPTURA	EDAD en días	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA COLOCACIÓN	PESO en kg	DIÁMETRO en cm	ALTURA en cm	CARGA en libras	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/peg <sup>2</sup>	TIPO DE FRACTURA
1	112-10	9/10/2018	16/10/2018	7	Mezcla 1 Cimiento, zapatas, columnas y vigas	3,535	10,175	20,113	24 500	13,40	1 940	2
2	113-10	9/10/2018	16/10/2018	7		3,535	10,190	20,183	24 400	13,30	1 930	2
3	114-10	9/10/2018	16/10/2018	7		3,530	10,155	20,123	24 800	13,60	1 970	2
4	115-10	9/10/2018	23/10/2018	14		3,520	10,135	20,190	30 500	16,80	2 440	2
5	116-10	9/10/2018	23/10/2018	14		3,550	10,135	20,140	30 500	16,80	2 440	2
6	117-10	9/10/2018	23/10/2018	14		3,550	10,165	20,160	29 500	16,20	2 350	2
7	140-11	9/10/2018	6/11/2018	28		3,530	10,180	20,197	35 900	19,60	2 840	2
8	141-11	9/10/2018	6/11/2018	28		3,550	10,205	20,253	39 000	21,20	3 080	2
9	142-11	9/10/2018	6/11/2018	28		3,560	10,200	20,260	38 000	20,70	3 000	2
10	118-10	9/10/2018	16/10/2018	7	Mezcla 2 Cimiento, zapatas, columnas y vigas.	3,545	10,140	20,147	25 500	14,00	2 030	2
11	119-10	9/10/2018	23/10/2018	14		3,540	10,155	20,133	30 500	16,80	2 440	2
12	120-10	9/10/2018	23/10/2018	14		3,550	10,190	20,133	29 500	16,10	2 340	2
13	121-10	23/10/2018	30/10/2018	7		3,620	10,105	20,427	18 100	10,00	1 450	2
14	122-10	23/10/2018	30/10/2018	7		3,590	10,135	20,263	21 500	11,90	1 730	3
15	143-11	23/10/2018	6/11/2018	14		3,520	10,120	20,147	40 000	22,10	3 210	2
16	144-11	23/10/2018	20/11/2018	28		3,570	10,145	20,247	27 500	15,10	2 190	2
17	145-11	23/10/2018	20/11/2018	28		3,540	10,140	20,133	45 000	24,80	3 600	2
18	146-11	23/10/2018	20/11/2018	28		3,640	10,150	20,310	35 000	19,20	2 790	3
19	123-10	23/10/2018	30/10/2018	7	Mezcla 3 Cimiento, zapatas, columnas y vigas.	3,610	10,215	20,237	20 800	11,30	1 640	1
20	124-10	23/10/2018	30/10/2018	7		3,650	10,190	20,550	21 900	11,90	1 730	2
21	125-10	23/10/2018	30/10/2018	7		3,660	10,320	20,543	20 200	10,70	1 550	2
22	147-11	23/10/2018	6/11/2018	14		3,630	10,205	20,247	26 000	14,10	2 050	2
23	148-11	23/10/2018	6/11/2018	14		3,630	10,150	20,380	24 000	13,20	1 920	2
24	149-11	23/10/2018	6/11/2018	14		3,640	10,220	20,327	30 000	16,30	2 370	2

El presente informe únicamente es para las muestras identificadas en el mismo.  
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización. L.L.

FACULTAD DE INGENIERÍA -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://cil.usac.edu.gt>

Continuación del anexo 3.



**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 No. 17769**  
**NORMA NTG - 41017 h1 (ASTM C-39)**  
 INFORME SACM - 386/19  
 O.T. No. 39133  
 HOJA 2/2

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE COLOCACIÓN	FECHA DE RUPTURA	EDAD en días	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA COLOCACIÓN	PESO en kg	DIÁMETRO en cm	ALTURA en cm	CARGA en libras	RESISTENCIA Mpa	RESISTENCIA lb/pulg <sup>2</sup>	TIPO DE FRACTURA
25	150-11	23/10/2018	20/11/2018	28	Mezcla 3 Cimiento, zapatas, columnas y vigas.	3,630	10,180	20,123	32 500	17,80	2 580	2
26	151-11	23/10/2018	20/11/2018	28		3,610	10,190	20,227	33 000	18,00	2 610	2
27	152-11	23/10/2018	20/11/2018	28		3,660	10,130	20,423	34 000	18,80	2 730	2
28	126-10	23/10/2018	30/10/2018	7	Mezcla 4 Cimiento, zapatas, columnas y vigas.	3,610	10,170	20,443	20 200	11,10	1 610	2
29	127-10	23/10/2018	30/10/2018	7		3,590	10,220	20,230	19 000	10,30	1 490	2
30	128-10	23/10/2018	30/10/2018	7		3,590	10,205	20,227	19 900	10,80	1 570	2
31	153-11	25/10/2018	8/11/2018	14	Mezcla 4 Cimiento, zapatas, columnas y vigas.	3,550	10,175	20,300	45 500	24,90	3 610	2
32	154-11	25/10/2018	8/11/2018	14		3,570	10,175	20,327	42 500	23,20	3 370	2
33	155-11	25/10/2018	8/11/2018	14		3,590	10,195	20,347	40 500	22,10	3 210	3
34	156-11	25/10/2018	22/11/2018	28	Mezcla 5 Cimiento, zapatas, columnas y vigas.	3,550	10,170	20,210	48 000	26,30	3 820	2
35	157-11	25/10/2018	22/11/2018	28		3,590	10,145	20,393	52 000	28,60	4 150	3
36	158-11	25/10/2018	22/11/2018	28		3,600	10,135	20,463	50 500	27,80	4 030	2
37	159-11	25/10/2018	1/11/2018	7	Mezcla 5 Cimiento, zapatas, columnas y vigas.	3,540	10,165	20,247	27 100	14,90	2 160	4
38	160-11	25/10/2018	1/11/2018	7		3,540	10,165	20,420	25 400	13,90	2 020	4
39	161-11	25/10/2018	1/11/2018	7		3,510	10,135	20,307	25 500	14,10	2 050	4
40	162-11	25/10/2018	8/11/2018	14	Mezcla 5 Cimiento, zapatas, columnas y vigas.	3,550	10,175	20,367	43 000	23,50	3 410	2
41	163-11	25/10/2018	8/11/2018	14		3,580	10,190	20,330	43 000	23,50	3 410	2
42	164-11	25/10/2018	8/11/2018	14		3,550	10,200	20,297	47 500	25,90	3 760	4
43	165-11	25/10/2018	22/11/2018	28	Mezcla 5 Cimiento, zapatas, columnas y vigas.	3,550	10,130	20,333	52 000	28,70	4 160	2
44	166-11	25/10/2018	22/11/2018	28		3,570	10,120	20,343	45 500	25,20	3 660	2
45	167-11	25/10/2018	22/11/2018	28		3,560	10,170	20,353	32 000	17,50	2 540	3

**OBSERVACIONES :**

a) Muestra proporcionada por el interesado.  
 b) Muestras ensayadas en máquina de compresión RIEHLE Testing Machine División con capacidad de 300 000 libras, dial utilizado para lectura 60 000 libras.  
 c) Cilindros cabeceados según norma NTG-41064 (ASTM C-617)  
 d) El interesado proporcionó:

- No. de cilindro en obra.
- Fecha de colocación.
- Edad de ensayo.
- El representativo de estructura.

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

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

El presente informe únicamente es para las muestras identificadas en el mismo.  
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
Directora CII/USAC

**BOSQUEJO DE TIPOS DE FRACTURA**





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: CII, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

## Anexo 4. Informe de laboratorio ensayo a compresión de blocks huecos de hormigón



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



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

O.T. No. 37740	INFORME No. 200-M
INTERESADO: BYRON LEONEL BARREDA HERRERA	
PROYECTO: TESIS "ANÁLISIS DE RIESGOS EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE EDIFICACIONES EN EL MUNICIPIO DE PATULUL SUCHITEPEQUEZ".	
ASUNTO: ENSAYO DE COMPRESION EN BLOCKS HUECOS DE HORMIGON, SEGÚN NORMA COGUANOR	
FECHA: GUATEMALA, 07 DE OCUTBRE DE 2019.	

### ANTECEDENTES

El estudiante **BYRON LEONEL BARREDA HERRERA**, CARNE No. 2011-14439, de la carrera de Ingeniería Civil, solicitó a este Centro de Investigaciones de Ingeniería que se realizara, ensayo de compresión en 10 blocks huecos de hormigón, los ensayos en cuestión son parte del trabajo de tesis, "ANÁLISIS DE RIESGOS EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE EDIFICACIONES EN EL MUNICIPIO DE PATULUL SUCHITEPEQUEZ".

### RESULTADOS

5								
Identificación	medidas en cms			Peso Kg.	Abs %	Esfuerzo neto (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo bruto (kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad kg/m <sup>3</sup>
	Largo	Ancho	Altura					
*****	39.13	13.73	18.93	8.29	24.32	33.36	24.66	1079
<b>BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE C, LIVIANO</b>								

Promedio	39.13	13.73	18.93
Max	39.2	13.8	19
min	39	13.7	18.9
+	0.07	0.07	0.07
-	0.13	0.03	0.03

6								
Identificación	medidas en cms			Peso Kg.	Abs %	Esfuerzo neto (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo bruto (kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad kg/m <sup>3</sup>
	Largo	Ancho	Altura					
*****	39.87	14.67	19.43	8.975	21.24	49.95	34.55	1103
<b>BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE C, LIVIANO</b>								

Promedio	39.87	14.67	19.43
Max	39.9	14.7	19.5
min	39.8	14.6	19.3
+	0.03	0.03	0.07
-	0.07	0.07	0.13



Continuación del anexo 4.



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



USAC  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

7								
Identificación	medidas en cms			Peso Kg.	Abs %	Esfuerzo		Densidad
	Largo	Ancho	Altura			neto (kg/cm2)	bruto (kg/cm2)	
*****	39.97	14.70	19.87	9.25	23.09	49.02	33.60	1115
<b>BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE C, LIVIANO</b>								

Promedio	39.97	14.70	19.87
Max	40	14.8	19.9
min	39.9	14.6	19.8
+	0.03	0.10	0.03
-	0.07	0.10	0.07

8								
Identificación	medidas en cms			Peso Kg.	Abs %	Esfuerzo		Densidad
	Largo	Ancho	Altura			neto (kg/cm2)	bruto (kg/cm2)	
*****	40.03	14.80	19.77	9.325	22.10	49.88	34.09	1119
<b>BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE C, LIVIANO</b>								

Promedio	40.03	14.80	19.77
Max	40.1	14.9	19.8
min	40	14.7	19.7
+	0.07	0.10	0.03
-	0.03	0.10	0.07

9								
Identificación	medidas en cms			Peso Kg.	Abs %	Esfuerzo		Densidad
	Largo	Ancho	Altura			neto (kg/cm2)	bruto (kg/cm2)	
*****	39.17	13.83	19.20	8.52	23.13	39.80	28.74	1096
<b>BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE C, LIVIANO</b>								

Promedio	39.17	13.83	19.20
Max	39.3	13.9	19.3
min	39.1	13.7	19
+	0.13	0.07	0.10
-	0.07	0.13	0.20



Continuación del anexo 4.



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



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

10								
Identificación	medidas en cms			Peso Kg.	Abs %	Esfuerzo	Esfuerzo	Densidad
*****	Largo	Ancho	Altura	10.49	37.86	neto (kg/cm2)	bruto (kg/cm2)	kg/m3
	39.73	15.17	19.90			36.82	25.07	1014
<b>BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE C, LIVIANO</b>								

Promedio	39.73	15.17	19.90
Max	39.8	15.5	19.9
min	39.7	15	19.9
+	0.07	0.33	0.00
-	0.03	0.17	0.00

11								
Identificación	medidas en cms			Peso Kg.	Abs %	Esfuerzo	Esfuerzo	Densidad
*****	Largo	Ancho	Altura	10.37	37.37	neto (kg/cm2)	bruto (kg/cm2)	kg/m3
	39.60	15.07	19.93			34.35	23.77	1015
<b>BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE C, LIVIANO</b>								

Promedio	39.60	15.07	19.93
Max	39.8	15.2	20
min	39.5	15	19.9
+	0.20	0.13	0.07
-	0.10	0.07	0.03

12								
Identificación	medidas en cms			Peso Kg.	Abs %	Esfuerzo	Esfuerzo	Densidad
*****	Largo	Ancho	Altura	10.97	37.02	neto (kg/cm2)	bruto (kg/cm2)	kg/m3
	39.63	14.87	19.47			34.28	24.85	1033

Promedio	39.63	14.87	19.47
Max	39.7	15	19.7
min	39.6	14.7	19
+	0.07	0.13	0.23
-	0.03	0.17	0.47



Continuación del anexo 4.



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



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

13								
Identificación	medidas en cms			Peso Kg.	Abs %	Esfuerzo neto (kg/cm2)	Esfuerzo bruto (kg/cm2)	Densidad kg/m3
	Largo	Ancho	Altura					
*****	39.17	14.80	19.97	10.025	36.91	41.64	28.46	1024
<b>BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE C, LIVIANO</b>								

Promedio	39.17	14.80	19.97
Max	39.2	14.8	20
min	39.1	14.8	19.9
+	0.03	0.00	0.03
-	0.07	0.00	0.07

14								
Identificación	medidas en cms			Peso Kg.	Abs %	Esfuerzo neto (kg/cm2)	Esfuerzo bruto (kg/cm2)	Densidad kg/m3
	Largo	Ancho	Altura					
*****	39.43	15.00	19.97	10.025	36.57	39.21	27.89	1019
<b>BLOQUE HUECO DE HORMIGON CLASE C, LIVIANO</b>								

Promedio	39.43	15.00	19.97
Max	39.5	15	20
min	39.4	15	19.9
+	0.07	0.00	0.03
-	0.03	0.00	0.07

El presente informe únicamente es para las muestras identificadas en el mismo.  
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

M.Sc. Ing. Pablo Christian De León Rodríguez  
Jefe de Metales y Productos  
Manufacturados

SECCIÓN METALES Y PRODUCTOS  
MANUFACTURADOS




/cbr

Atentamente,

Vo.Bo.  
Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA C.I.I.




FACULTAD DE INGENIERÍA – 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: CII, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

## Anexo 5. Informe de laboratorio ensayo a compresión de ladrillos de barro cocido



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



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

O.T. No. 37741 INFORME No. 201-M  
INTERESADO: BYRON LEONEL BARREDA HERRERA  
PROYECTO: TESIS "ANÁLISIS DE RIESGOS EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE EDIFICACIONES EN EL MUNICIPIO DE PATULUL SUCHITEPEQUEZ".  
ASUNTO: ENSAYO DE COMPRESION EN LADRILLOS DE BARRO COCIDO.  
FECHA: GUATEMALA, 07 DE OCTUBRE DE 2019.

### ANTECEDENTES

El estudiante **BYRON LEONEL BARREDA HERRERA**, CARNE No. 2011-14439, de la carrera de Ingeniería Civil, solicita a este Centro de Investigaciones de Ingeniería que se realizara, ensayo de compresión en 04 ladrillos de barro cocido, los ensayos en cuestión son parte del trabajo de tesis, "ANÁLISIS DE RIESGOS EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE EDIFICACIONES EN EL MUNICIPIO DE PATULUL SUCHITEPEQUEZ".

### RESULTADOS

1						
Identificación	medidas en cms			Peso Kg.	Abs %	Esfuerzo bruto (kg/cm2)
	Largo	Ancho	Altura			
*****	23.13	10.97	5.00	2.078	23.44	90.58

Promedio	23.13	10.97	5.00
Max	23.2	11	5.3
min	23	10.9	4.8
+	0.07	0.03	0.30
-	0.13	0.07	0.20

2						
Identificación	medidas en cms			Peso Kg.	Abs %	Esfuerzo bruto (kg/cm2)
	Largo	Ancho	Altura			
*****	23.00	11.00	5.00	1.92	23.20	101.81

Promedio	23.00	11.00	5.00
Max	23	11	5
min	23	11	5
+	0.00	0.00	0.00
-	0.00	0.00	0.00



Continuación del anexo 5.



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



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

3						
Identificación	medidas en cms			Peso Kg.	Abs %	Esfuerzo bruto (kg/cm2)
	Largo	Ancho	Altura			
*****	22.70	10.90	5.20	1.927	24.66	104.10

Promedio	22.70	10.90	5.20
Max	22.7	10.9	5.3
min	22.7	10.9	5.1
+	0.00	0.00	0.10
-	0.00	0.00	0.10

4						
Identificación	medidas en cms			Peso Kg.	Abs %	Esfuerzo bruto (kg/cm2)
	Largo	Ancho	Altura			
*****	22.83	10.87	21.67	1.92	25.52	96.35

Promedio	22.83	10.87	21.67
Max	22.9	10.9	55
min	22.8	10.8	5
+	0.07	0.03	33.33
-	0.03	0.07	16.67

El presente informe únicamente es para las muestras identificadas en el mismo.  
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

M.Sc. Ing. Pablo Christian De León Rodríguez  
Jefe de Metales y Productos  
Manufacturados

/cbr

SECCIÓN METALES Y PRODUCTOS  
MANUFACTURADOS



Atentamente,

Vo.Bo.  
Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA C.I.I.





## Anexo 6. Informe de laboratorio ensayo de tensión en barras de acero



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



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

O.T. No. 37742	INFORME No. 199-M
INTERESADO: BYRON LEONEL BARREDA HERRERA	
PROYECTO: TESIS "ANÁLISIS DE RIESGOS EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE EDIFICACIONES EN EL MUNICIPIO DE PATULUL SUCHITEPEQUEZ".	
ASUNTO: ENSAYO DE TENSION EN BARRAS DE ACERO.	
FECHA: GUATEMALA, 07 DE OCTUBRE DE 2018.	

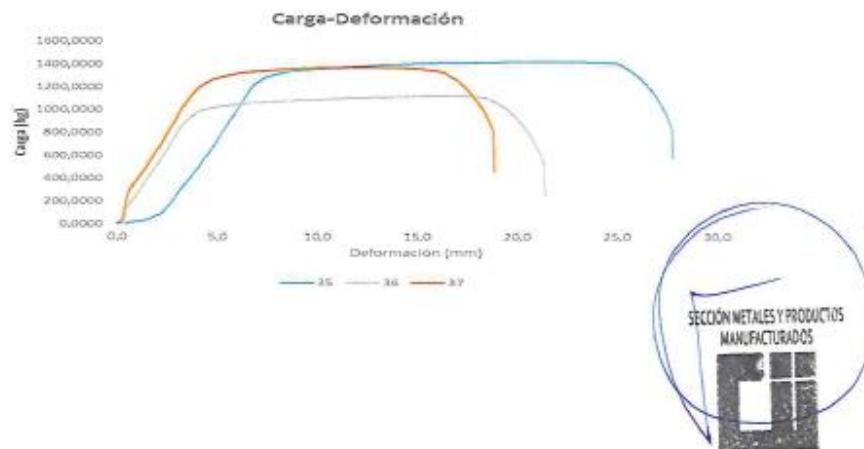
### ANTECEDENTES

El estudiante **BYRON LEONEL BARREDA HERRERA**, CARNE No. 2011-14439, de la carrera de Ingeniería Civil, solicita a este Centro de Investigaciones de Ingeniería que se realizara, ensayo de tensión en 09 barras de acero, los ensayos en cuestión son parte del trabajo de tesis, "ANÁLISIS DE RIESGOS EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE EDIFICACIONES EN EL MUNICIPIO DE PATULUL SUCHITEPEQUEZ".

### RESULTADOS

#### Ensayo a tensión en barras de acero de $\phi$ 1/2"

No.	Peso (kg/m)	Diámetro (mm)	Perímetro (mm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (MPa)	
					Cedente	Máxima
35	0.223	6.02	18.90	0.28	367.75	435.17
36	0.223	6.01	18.89	0.28	275.81	344.77
37	0.203	5.74	18.04	0.26	320.25	421.38



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

Continuación del anexo 6.



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

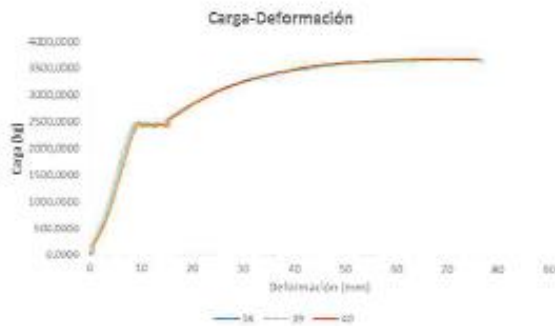


**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**Ensayo a tensión en barras de acero de  $\phi$  3/8"**

No.	Peso kg/m	Diámetro mm	Perímetro mm	Área cm <sup>2</sup>	Espaciamiento Long mm	Ancho ribete mm	Altura mm
38	0.536	9.33	29.30	0.68	11.8	1.23	0.49
39	0.543	9.39	29.49	0.69	10.2	2.86	0.64
40	0.531	9.29	29.18	0.68	12.0	1.24	0.59

Especificaciones	0.560	9.50	29.9	0.71	6.7	3.6	0.38
	NOMINAL	NOMINAL	NOMINAL	NOMINAL	MAXIMO	MAXIMO	MINIMO



No.	Esfuerzo (MPa)	
	Cedente	Máxima
38	328.79	527.58
39	326.51	500.22
40	333.35	500.22

Especificaciones Esfuerzo a tensión Mpa	
Fluencia	Máximo
300**	500**

No. Varilla	Grado
03	40



Continuación del anexo 6.



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

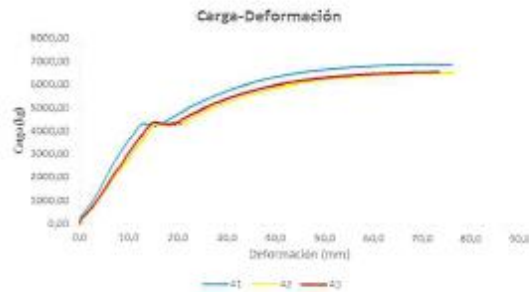


**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**Ensayo a tensión en barras de acero de  $\phi$  1/2"**

No.	Peso kg/m	Diámetro mm	Perímetro mm	Área cm <sup>2</sup>	Especiamento Long mm	Ancho ribete mm	Altura mm
41	0.965	12.52	39.33	1.23	10.7	2.82	0.59
42	0.960	12.49	39.23	1.22	16	1.53	0.80
43	0.960	12.49	39.23	1.22	16.5	1.27	0.92

Especificaciones	0.994	12.7	39.9	1.29	8.9	4.9	0.51
	NOMINAL	NOMINAL	NOMINAL	NOMINAL	MAXIMO	MAXIMO	MINIMO



No.	Esfuerzo (MPa)	
	Cedente	Máxima
41	328.79	527.58
42	326.51	500.22
43	333.35	500.22

Especificaciones Esfuerzo a tensión Mpa	
Fluencia	Máximo
300**	500**

No. Varilla	Grado
04	40

Datos calculados sobre el peso por unidad de longitud.  
Observación: se acepta una tolerancia de 6% por debajo de la masa unitaria nominal de la barra.  
\*Las especificaciones utilizadas en los presentes ensayos son de la Norma ASTM A-615.  
CORRUGA EN "X", el especiamento Long. Corresponde a dos (2) corrugaciones

El presente informe únicamente es para las muestras identificadas en el mismo.  
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

Atentamente,  
SECCIÓN METALES Y PRODUCTOS  
MANUFACTURADOS  
M.Sc. Ing. Pablo Christian De León Rodríguez  
Jefe de Metales y Productos  
Manufacturados

Vo.Bo.  
Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA C.I.I.



INGENIERÍA – USAC  
Edificio Emilio Beltránena, 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: CII, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.