



**Caracterización de bloques con plástico reciclado mediante
ensayos de compresión**

*Characterization of blocks with recycled plastic through compression
tests*

Ávila Chávez Kevin Patricio¹

Mg. Luis Paúl Núñez Naranjo.²



0000-0002-6768-0341

¹ Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, Ecuador kevinavilachavez@tsachila.edu.ec

² Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, Ecuador luisnunez@tsachila.edu.ec

Recepción: 11 de junio de 2022

Aceptación: 28 de julio de 2022

Publicación: 30 de agosto de 2022

Citación/como citar este artículo: Ávila, K. y Núñez, L. (2022). Caracterización de bloques con plástico reciclado mediante ensayos de compresión. Ideas y Voces, 2(2), 44-62.



Resumen

El presente proyecto de investigación se realizó con el propósito de establecer las características y propiedades básicas de un material compuesto a base de tereftalato de polietileno también conocido como (PET), el cual será empleado en la elaboración de bloques de construcción, con el propósito de reducir el uso de materiales pétreos (arena) como materia prima para la elaboración de dichos mampuestos y del mismo modo disminuir el impacto medioambiental causado por su extracción, además una disminución en la cantidad de residuos sólidos que terminan en los botaderos de basura. Estos elementos de construcción tendrán una diferente composición, los cuales además serán sometidos a múltiples ensayos mecánicos de compresión. Para llevar a cabo el presente proyecto de investigación se vio necesario el emplear una metodología experimental con la finalidad de contrastar la hipótesis planteada mediante el trabajo en condiciones de laboratorio, en cuanto a la elaboración de los ensayos mecánicos de compresión estos fueron realizados siguiendo los procedimientos establecidos por la normativa de construcción ecuatoriana NTE INEN 3066, en donde se sometieron 15 probetas, las cuales tenían composiciones diferentes de entre 20%, 40% , 60% y 80% de tereftalato de polietileno (PET). De igual forma se sometieron 3 probetas de bloques tradicionales para realizar las respectivas comparaciones entre los resultados obtenidos a partir de los ensayos de compresión y en cuyos resultados se obtuvo que los bloques con un 40% de PET poseían en promedio un mayor esfuerzo a la compresión.

Palabras clave

Polietileno, tereftalato, medio ambiente, inflamabilidad

Abstract

This research project was carried out with the purpose of establishing the basic characteristics and properties of a composite material based on polyethylene terephthalate also known as (PET), which will be used in the production of building blocks, with the purpose of reduce the use of stone materials (sand) as raw material for the preparation of said masonry and in the same way reduce the environmental impact caused by its extraction, as well as a decrease in the amount of solid waste that ends up in garbage dumps. These construction elements will have a different composition, which will also be subjected to multiple mechanical compression tests. To carry out this research project, it was necessary to use an experimental methodology in order to contrast the hypothesis raised by working in laboratory conditions, in terms of the elaboration of the mechanical compression tests, these were carried out following the procedures established by the Ecuadorian construction regulations NTE INEN 3066, where 15 test tubes were submitted, which had different compositions of between 20%, 40%, 60% and 80% of polyethylene terephthalate (PET). In the same way, 3 traditional block specimens were submitted to make the respective comparisons between the results obtained from the compression tests and in whose results it was obtained that the blocks with 40% PET had, on average, a greater compression stress.

Keywords

Polyethylene, terephthalate, environment, flammability

1.1.1 Introducción

En Santo Domingo de los Tsáchilas es muy común el empleo de un sistema de construcción tradicional en el cual se utilizan varios materiales, entre los que destacan los bloques de concreto para la construcción de viviendas y varias secciones de estas como paredes exteriores, divisiones y losas. Estos elementos de construcción son fabricados mediante la mezcla de cemento, arena y varios agregados pétreos, además del uso de múltiples aditivos con el propósito de mejorar sus propiedades de resistencia, afectando a su paso los diferentes ecosistemas del planeta e incluso su biodiversidad, debido a la extracción de los recursos renovables y no renovables que son utilizados como materia prima para su elaboración.

Además, se debe de mencionar que la constante demanda de estos elementos de construcción ha causado que los costos de producción se eleven afectando de cierto modo los procesos constructivos. De igual forma, se debe contemplar el hecho de que al trabajar con elementos de construcción tradicionales como los bloques de concreto no poseen una resistencia a la humedad, pues el clima húmedo presente en el ambiente del cantón Santo Domingo, favorece a la proliferación de hongos y bacterias que perjudican tanto la estética de las construcciones, como también la salud de las personas.

Otro de los problemas que se debe considerar es que en la actualidad existen múltiples negocios pequeños y personas dedicadas a la fabricación de bloques de hormigón, los cuales trabajan de forma tradicional empleando únicamente moldes y en muchos casos máquinas que les faciliten el trabajo, en otras palabras, estas personas o negocios no siguen el procedimiento establecido por las normativas de construcción ecuatoriana para la elaboración de estos mampuestos y peor aún, estos no son sometidos a los respectivos ensayos mecánicos para determinar si cumplen o no con las especificaciones mínimas,

razón por la cual estos elementos de construcción no brindan la confianza suficiente para garantizar trabajos de calidad.

Si bien es cierto, la mayor problemática que enfrenta la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas y el mundo entero en general, es el incremento gradual de los desechos sólidos como lo es el plástico, lo cual representa un crecimiento significativo de contaminación ambiental y un deterioro del ecosistema, todo este problema se debe a un inadecuado manejo de estos residuos sólidos por parte de los municipios y entidades encargadas de dicha actividad, además se puede sumar una obvia falta de concientización por parte de las personas en cuanto al impacto ambiental y una falta de hábito por el reciclaje.

No obstante, cabe mencionar que en la actualidad los plásticos son unos de los materiales más empleados tanto en las industrias como también en el consumo cotidiano, pero también es uno de los materiales que tarda un tiempo considerable en descomponerse y el cual afecta significativamente el equilibrio del ecosistema, pues en muchos casos estos residuos plásticos terminan en el fondo de los ríos y océanos e ingeridos por la fauna marina.

1.1.2 3.3 Objetivos

3.3.1 Objetivo general

- Caracterizar un material compuesto a base de plástico reciclado (PET) en la elaboración de bloques de construcción mediante ensayos de compresión.

3.3.2 Objetivos específicos

- Analizar la configuración del material más adecuado para la elaboración de bloques de construcción a base de plástico reciclado tereftalato de polietileno (PET).

- Realizar los ensayos de compresión a los diferentes bloques y comparar los resultados obtenidos con las normas de construcción ecuatoriana
- Establecer las propiedades mecánicas mínimas de compresión que debe soportar un bloque de construcción a base de plástico (PET) según la norma de construcción ecuatoriana NTE INEN 3066.

1.1.3 3.4 Metodología

El método que se consideró para la realización del presente proyecto fue experimental, este fue aplicado para contrastar una hipótesis predictiva mediante el trabajo en condiciones de laboratorio, con variables controladas (Fuentes, 2007, pág. 24). Fue considerada como talya que los mampuestos con los cuales se trabajaron poseían una composición diferente a la de los tradicionales. Sin embargo, se debe contemplar el hecho de que la metodología empleada para la realización de los ensayos de compresión ya estaba establecida en la normativa de construcción NTE INEN 3066.

Para llevar a cabo la investigación se consideró un enfoque cuantitativo, el cual, según Sampieri, Collado, & Baptista (2010) “Es un proceso que emplea la recolección de datos para probar hipótesis con la finalidad de establecer y probar teorías”. Pues cabe aclarar que se realizó una investigación en la cual se recopiló la información más importante y posteriormente se realizaron ensayos mecánicos de compresión, donde todos los cálculos y datos resultantes fueron recopilados y tabulados para posteriormente seleccionar el material y la configuración idónea para fabricar bloques con PET.

3.4.1 Procedimiento para ensayos de compresión

En primer lugar, previo a realizar los respectivos ensayos mecánicos de compresión se deben etiquetar correctamente las probetas conforme a la configuración con la cual fueron realizadas, es decir se pondrán etiquetas en donde se indicará el porcentaje de PET

que estas poseen, todo ello con la finalidad de evitar confusiones al momento de registrar los resultados.



Figura 5. Colocación de etiquetas en las probetas

En segundo lugar, se deben de pesar todas y cada una de las probetas empleando una báscula, la cual debe ser de preferencia digital para obtener resultados mucho más precisos. Una vez que se hayan pesado todas las probetas se registran en tablas todos los datos obtenidos y se calcula la media aritmética.

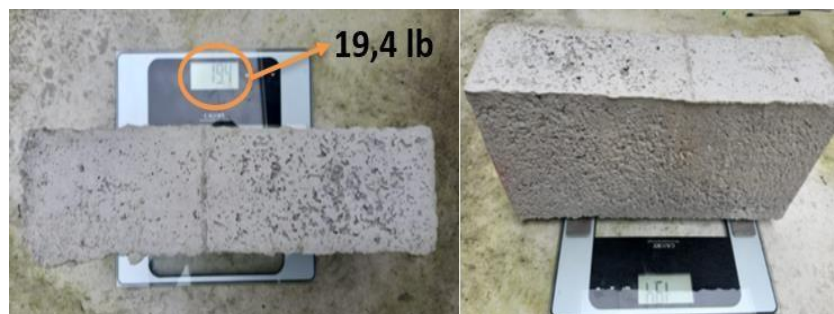


Figura 6. Peso de bloque con un 60% de PET

En tercer lugar, ya para comenzar a realizar los ensayos de compresión se deben de sumergir en agua todas las probetas a ensayar por un lapso de tiempo aproximado de



treinta minutos para que estas se saturen de agua, una vez pasado este tiempo se sacan las probetas y se las deja secar durante 24 horas al aire libre. Cabe recalcar que las probetas no deben presentar rastro alguno de humedad durante la realización del ensayo.

Figura 7 Saturación de probetas con agua

El laboratorista encargado de realizar los ensayos debe colocar y alinear las alzas y las placas de apoyo de acero dentro de la máquina de compresión con el propósito de que la fuerza aplicada sobre las probetas sea distribuida uniformemente.



Figura 8. Colocación de alzas y placas de apoyo

Una vez colocado todos los accesorios dentro de la máquina de ensayos universal, esta debe ser encendida y se la deja calentar por un tiempo aproximado de entre veinte y treinta minutos para que la máquina pueda funcionar de forma óptima.



Figura 9. Encendido de máquina de compresión modelo SHIMADZU

Una vez que la máquina ya esté totalmente lista, se van colocando una a una las probetas ya secas dentro de la máquina universal de ensayos, en donde estas serán colocadas de la misma forma en las que generalmente son usadas en los trabajos, es decir, en forma

vertical y con las celdas u orificios hacia abajo. Posteriormente se coloca la placa de apoyo superior y se aplica una precarga sobre la probeta para que esta se acomode entre ambas placas y la máquina pueda proceder a aplicar la carga máxima a una velocidad uniforme.



Figura 10. Aplicación de carga máxima a las probetas

Mientras se va desarrollando el ensayo de compresión en cada una de las diferentes probetas se deben ir registrando, observando y capturando imágenes de los tipos y lugares de deformación que sufren las probetas durante la aplicación de la carga máxima para anexarlos al informe final.



Figura 11. Deformación de probetas con 40% de PET ante esfuerzos de compresión

Se deben ir desechando todas y cada una de las probetas que ya hayan sido ensayadas para evitar posibles confusiones.



Figura 12. Probetas ya sometidas al ensayo de compresión

Por último, se deben analizar y registrar detenidamente los datos obtenidos durante la realización de los ensayos de compresión y se debe de realizar un informe completo siguiendo los lineamientos establecidos por la normativa NTE INEN 3066.

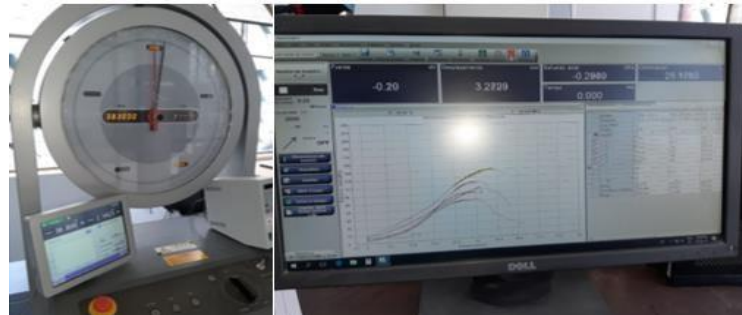


Figura 13. Análisis de datos para la elaboración del informe

1.1.4 3.5 Población y muestra

Es una técnica de estudio la cual “tiene como objetivo generalizar los datos de una muestra en una colectividad mayor” (Sampieri, Collado, & Baptista, 2010, pág. 12). Analizando esta información fueron consideradas las empresas y personas dedicadas a la elaboración de bloques para mampostería en el cantón de Santo Domingo.

3.5.1 Muestra

Mediante la técnica del muestreo no probabilístico, la cual, según Sampieri, Collado, & Baptista (2010) “supone un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación” (pág. 189). Es por tal razón que fueron consideradas las pequeñas empresas dedicadas a la elaboración de bloques en el cantón Santo Domingo.

1.1.5 3.6 Resultados

Se llevó a cabo el pesaje de todas y cada una de las probetas previamente a ser ensayadas a compresión, para ello se empleó una báscula digital para obtener datos mucho más precisos.

En las tablas que se encuentran a continuación se detalla el peso de cada una de las cinco probetas y su peso promedio, todo ello en base al porcentaje de material compuesto con el

Tabla 8: Peso de bloques tradicionales

PESO PROMEDIO DE BLOQUES TRADICIONALES EN (lb)				
Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5
25,4	24.6	23.8	25.8	25.4
			Promedio	25 lb

cual fueron fabricadas y las cuales además tienen una edad de 28 días a partir de la fecha en el cual fueron fabricadas.

Tabla 9: Peso de bloques con una dosificación del 20% de PET

PESO PROMEDIO DE BLOQUES (lb)				
Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5
23	24.2	23	23	24
			Promedio	23.44 lb

Tabla 10: Peso de bloques con una dosificación del 40% de PET

PESO PROMEDIO DE BLOQUES (lb)				
Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5
22.4	22.4	23	23	22.8
			Promedio	22.72 lb

Tabla 11: Peso de bloques con una dosificación del 60% de PET

PESO PROMEDIO DE BLOQUES (lb)				
Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5
19	19.6	18.4	19.2	19.2
			Promedio	19.2 lb

Tabla 12: Peso de bloques con una dosificación del 80% de PET

PESO PROMEDIO DE BLOQUES (lb)				
Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5
16.4	16.4	17.4	16.2	17.4
			Promedio	16.76 lb

A partir de los datos obtenidos se puede deducir a simple vista que, en relación a los bloques tradicionales y conforme se va incrementando el porcentaje de tereftalato de polietileno PET el peso de los bloques (probetas) va disminuyendo significativamente, llegando incluso a existir una diferencia de 8.24 lb entre los bloques que se usan

tradicionalmente y los bloques que poseen un porcentaje del 80% de PET en sustitución de la arena.

1.1.6 3.7 Resultados de los ensayos de compresión

Los ensayos de compresión fueron realizados con probetas a una edad de 28 días, donde varía únicamente la composición de estas. En las tablas que se encuentran a continuación se detallan los valores de carga que fueron aplicados en cada una de las probetas y los esfuerzos máximos que estas soportaron, dichos datos fueron recabados del informe final presentado por el laboratorio de ensayos de compresión de la Universidad Técnica de Ambato.

No obstante, los datos obtenidos en los ensayos serán comparados con los valores mínimos de compresión establecidos por la norma NTE INEN 3066 y los cuales se detallan en la tabla N°13.

3.7.1 Resultados de los ensayos de compresión bloques tradicionales

A partir de ello se determinará del mismo modo el tipo de bloque al cual estos pertenecen.

INFORME DE ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN			
Cantidad	Porcentaje	Carga	Esfuerzo


		(N)	(MPa)
	0%	64 500	1.89
	0%	53 600	1.57
1	0%	78 400	2.29
Promedio		65 500 N	1.92 MPa

Tabla 13: Ensayo a compresión de bloques comerciales

De acuerdo con los datos obtenidos y en comparación con los valores detallados en la tabla 13 que establecen esfuerzos mínimos en promedio de 1.7 MPa. Los bloques tradicionales cumplen con los requisitos mínimos de compresión que se establecen en la normativa NTEINEN 3066, relacionando los resultados obtenidos con los bloques del tipo C que son comúnmente empleados para el alivianamiento de losas.

3.7.2 Resultados de ensayos mecánicos de compresión en bloques con 20% de material compuesto (PET) como sustituto del agregado pétreo (arena).

<p>INFORME DE ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</p>
--



RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN			
 Cantidad	Porcentaje	Carga (N)	Esfuerzo (MPa) 
1	20%	70 200	2.05
1	20%	96 300	2.82
1	20%	92 900	2.72
Promedio		86 466.67 N	2.53 MPa

Tabla 14: Ensayo a compresión en bloques con un 20% de PET

Los bloques con 20% de PET cumplen con los requisitos mínimos de compresión que se especifican en la norma, relacionando los resultados obtenidos con los bloques del tipo “C” e incluso se puede establecer que al sustituir un 20% de arena por tereftalato de polietileno, existe una mejora en la resistencia promedio de 0.61 MPa en comparación con los bloques tradicionales ensayados.

3.7.3 Resultados de ensayos mecánicos de compresión en bloques con 40% de material compuesto (PET) como sustituto del agregado pétreo (arena).

<p>INFORME DE ENSAYO DE</p> <p>COMPRESIÓN UNIVERSIDAD TÉCNICA</p> <p>DE AMBATO</p> <p>Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</p>
--



RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN			
 Cantidad	Porcentaje	Carga (N)	Esfuerzo (MPa) 
1	40%	99 100	2,90
1	40%	98 400	2,88
1	40%	86 000	2,52
Promedio		94 500 N	2.77 MPa

Tabla 15: Ensayo a compresión en bloques con un 40% de PET

Los bloques con un 40% de PET cumplen con los requisitos mínimos de compresión, relacionando sus resultados con los bloques del tipo “C”. De igual forma se puede establecer que al incrementar el porcentaje de PET a un 40% en sustitución de la arena se puede mejorar aún más el esfuerzo a la compresión en comparación con los bloques tradicionales ensayados, existiendo una diferencia de 0.85 MPa entre ambos.

3.7.4 Resultados de ensayos mecánicos de compresión en bloques con 60% de material compuesto (PET) como sustituto del agregado pétreo (arena).

<p>INFORME DE ENSAYO DE</p> <p>COMPRESIÓN UNIVERSIDAD TÉCNICA</p> <p>DE AMBATO</p> <p>Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</p>
--



RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN			
 Cantidad	Porcentaje	Carga (N)	Esfuerzo (MPa) 
1	60%	88 100	2.58
1	60%	75 100	2.20
1	60%	59 700	1.75
Promedio		74 300 N	2.18 MPa

Tabla 16: Ensayo a compresión en bloques con un 60% de PET

Los bloques con un 60% de PET cumplen con los requisitos mínimos de compresión, relacionando sus resultados con los bloques del tipo “C” que se detallan en la normativa. Además, se puede agregar que en comparación con los bloques tradicionales sigue existiendo una mejora de 0.26 MPa en el esfuerzo máximo.

3.7.5 Resultados de ensayos mecánicos de compresión en bloques con 80% de material compuesto (PET) como sustituto del agregado pétreo (arena).

**INFORME DE ENSAYO DE
COMPRESIÓN UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE AMBATO**


RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN

Cantidad	Porcentaje	Carga (N)	Esfuerzo (MPa)
1	80%	49 600	1.45
1	80%	55 100	1.61
1	80%	37 870	1.11
Promedio		47 523.3 N	1.39 MPa

Tabla 17: Ensayo a compresión en bloques con un 80% de PET

Por último, en comparación con los valores detallados en la tabla 5 que establecen esfuerzos mínimos en promedio de 1.7 MPa. Los bloques con un 80% de PET no cumplen con los requisitos mínimos de compresión establecidos por la norma NTE INEN 3066. Por ende, los bloques con esta dosificación no serían aptos para la construcción de ningún tipo.

1.1.7 En la siguiente grafica se puede observar el comportamiento de las probetas a los ensayos de compresión.

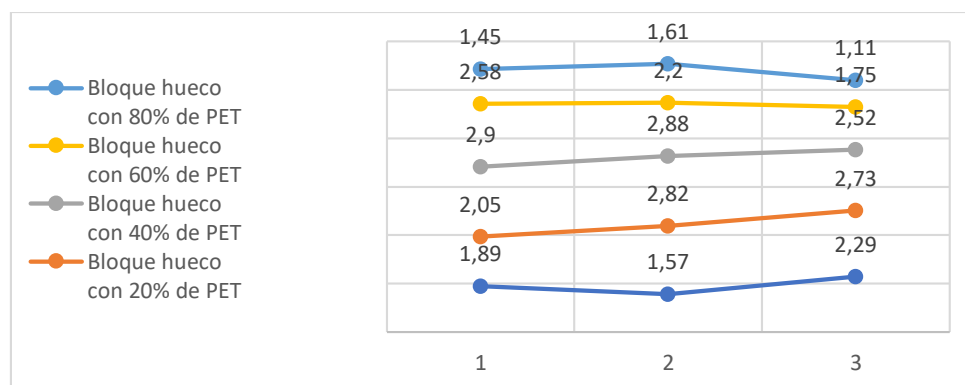


Figura 13. Ensayo de compresión

1.1.8 3.8 Conclusiones

- Mediante el análisis de los respectivos resultados que se detallan en el informe de los ensayos a compresión aplicados en las distintas probetas, se puede deducir que la dosificación de material compuesto PET como sustituto del agregado pétreo grueso, más adecuado a emplear para la elaboración de bloques sería de un 40% de tereftalato de polietileno ya que estos soportaron en promedio un esfuerzo máximo a la compresión mayor en comparación a las demás dosificaciones, dando como resultado un promedio de 2.77 MPa.

- A partir de los resultados obtenidos en los ensayos de compresión, donde se observa que los bloques tradicionales y con adición de 20%, 40%, 60% y 80% de (PET) poseen en promedio una resistencia a la compresión de 1.92 MPa, 2.53MPa, 2.77 MPa, 2.18 MPa y 1.39 MPa en el respectivo orden. Se pudo concluir que los mampuestos tradicionales y los que poseen una dosificación del 20, 40 y 60% del material compuesto (PET) cumplen con los valores mínimos de compresión de 1.7 MPa perteneciente a los bloques del tipo

“C”. Sin embargo, los mampuestos con una dosificación del 80% de PET no cumplen con esos requisitos y por ende no serían aptos para ningún tipo de construcción.

- De acuerdo con los materiales que fueron empleados para fabricar las probetas que fueron ensayadas, estas deberían ser del tipo “A” que son empleadas para mampostería estructural y de acuerdo con la norma NTE INEN 3066 deberían soportar en promedio un esfuerzo de 13.8 MPa. Sin embargo, debido a varios factores que intervienen en la fabricación de las mismas, estas no cumplen con los requisitos para esta categoría y por ende se ubicarían en la categoría “C” que son empleadas para el alivianamiento de losas y deben de soportar en promedio esfuerzos de 1.7 MPa.

1.1.9 3.9 Bibliografía

- Condo, A. (2017). Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de bloques fabricados con PET como sustituto parcial de la piedra pómez (cascajo) y bloques con suelo arcilloso como sustituto parcial del agregado fino. Universidad Técnica de Ambato. Recuperado de <https://n9.cl/hbrt6>
- Cruz, D. (2014). Diseño y construcción de una máquina semiautomática para la fabricación de bloques. Escuela Politécnica Nacional. Recuperado de https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21332/1/IC_02_Mise.pdf
- Dietrich, A. (2005). Materiales compuestos. Barcelona: Edicions UPC. Recuperado de <https://n9.cl/kmtwb>
- Espinoza, G. & Hidalgo, J. (2016). Caracterización de materiales compuestos para la aplicación en la carrocería del vehículo monoplace tipo fórmula SAE. Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12033>
- Fuertes, M. (2007). Un enfoque constructivista. (E. Duarte, Ed.) Naucalpan de

- Juárez, México: PEARSON. Recuperado de <https://n9.cl/9jahm>
- INEN. (2016). Servicio Ecuatoriano de Normalización (NTE INEN 3066).
Obtenido de <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/>
 - Núñez, C. Roca, A. & Jorba, J. (2011). Comportamiento mecánico de los materiales (Vol.II) Barcelona: UNIVERSITAT DE BARCELONA. Obtenido de <https://n9.cl/17dwg>
 - Pilar, M., & Soledad, S. (2012). Reciclado y tratamiento de residuos.Madrid.
 - Sampieri, R. Collado, C. & Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación (6 ed.). México. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
 - Yazmín, A. (2008). Aislamiento de microorganismos degradadores de tereftalato de polietileno (PET) en medio ambiente combinado. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/14439/ProyectoFinal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>