

**PROPUESTA DE UTILIZACION DE MATERIAL DE DESECHO BASE CARTON –
POLIETILENO PARA ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS.**

JOSE ANTONIO GONZALEZ CARREÑO



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FISICOMECAICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2008**

**PROPUESTA DE UTILIZACION DE MATERIAL DE DESECHO BASE CARTON –
POLIETILENO PARA ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS.**

JOSE ANTONIO GONZALEZ CARREÑO
Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Civil

DIRECTOR:
RICARDO CRUZ HERNANDEZ
Ingeniero Civil, PH. D



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA

2008

AGRADECIMIENTOS

A mi madre Edith Carreño por ayudarme a conseguir la materia prima de mi proyecto y su constante apoyo que sin él nunca hubiera alcanzado este logro.

A mi padre Antonio por brindarme su ayuda como pudo.

Al Ingeniero Ricardo Cruz por servir de guía en el recorrer de esta investigación.

A Sulay Paola Lobo por su colaboración y apoyo.

A todas aquellas personas que de una u otra forma me ayudaron a salir adelante como Yaneth López, Ing. Eduardo Castañeda, María Eugenia Angarita.

*A Dios,
Por acompañarme en los momentos más difíciles de mi vida.*

*A mi madre Edith Carreño,
Por ser el motor de mi vida, por acompañarme y brindarme su apoyo incondicional en todo momento, por ayudarme sin descanso cuando más la necesite y por esa verraquera que la caracteriza cuando se lo propone.*

*A mi padre,
Por su apoyo cuando lo necesite.*

*A Sulay,
Por ser esa compañía en todas las circunstancias.*

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	13
OBJETIVOS	15
Generales	15
Específicos	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
JUSTIFICACION	17
ALCANCE DEL PROYECTO	18
1 GENERALIDADES ENVASES ASEPTICOS CARTON, POLIETILENO Y ALUMINIO (TETRA BRIK)	19
1.1 GENERALIDADES	19
1.2 COMPOSICION POR CAPAS DE UN ENVASE DE TETRA BRIK	20
1.3 COMPOSICION POR PESOS DE UN ENVASE DE TETRA BRIK	21
1.3.1 Cartón (el material principal)	22
1.3.2 Aluminio	24
1.3.3 Polietileno	26
2 RECOLECCION Y ADECUACION DE ENVASES DE TETRA BRIK PARA LA CONFORMACION DE PROBETAS.	29
2.1 PROCESO DE RECICLAJE DE ENVASES DE TETRA BRIK	29
2.2 PROCESO DE LAVADO Y SECADO DE ENVASES DE TETRA BRIK	30
2.3 PROCESO DE CORTE Y TRITURADO	30
2.4 PROCESO PARA LA ELABORACION DE MOLDES	31
2.5 PROCESO PARA LA ELABORACION DE PROBETAS DE TETRA BRIK	32
2.5.1 Proceso de llenado de moldes	32
2.5.2 Proceso de calentamiento de probetas	33

2.5.3	Proceso de enfriamiento de probetas	34
2.5.4	Proceso de desmolde	34
3	ENSAYOS DE LABORATORIO	35
3.1	ENSAYO DE COMPRESIÓN	35
3.1.1	Aparatos	35
3.1.2	Muestreo	36
3.1.3	Comprobaciones	36
3.1.4	Análisis	36
3.2	ENSAYO DE TENSION	37
3.2.1	Aparatos	37
3.2.2	Muestreo	38
3.2.3	Comprobaciones	38
3.2.4	Análisis	38
3.3	ENSAYO DE FLEXION	38
3.3.1	Aparatos	39
3.3.2	Muestreo	39
3.3.3	Comprobaciones	39
3.3.4	Análisis	39
4	CONCLUSIONES	40
	RECOMENDACIONES	41
	BIBLIOGRAFIA	42
	ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Diámetros empleados en molino de cuchillas	31

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Capas envases de Tetra Brik	20
Figura 2. Composición por pesos del Tetra Brik	21
Figura 3. Envases reciclados de Tetra Brik	29
Figura 4. Lavado y secado de envases de Tetra Brik	30
Figura 5. Corte y triturado de envases de Tetra Brik	90
Figura 6. Molde ensayo de compresión	31
Figura 7. Molde ensayo de tensión	32
Figura 8. Molde ensayo de flexión	32
Figura 9. Llenado y compactación de moldes	33
Figura 10. Calentamiento de probetas	33
Figura 11. Ensayo de compresión	35
Figura 12. Maquina Universal de ensayos marca TREBEL	36
Figura 13. Ensayo de tensión	37
Figura 14. Ensayo de flexión	38

ANEXOS

	pág.
ANEXO 1 ENSAYO A FLEXION	43
ANEXO 2 ENSAYO A COMPRESION	56
ANEXO 3 ENSAYO A TENSION	79
ANEXO 4 ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS	92
ANEXO 5 PRUEBAS DE ENSAYO Y ERROR PARA LA FABRICACION DE PROBETAS	99

RESUMEN

TITULO: PROPUESTA DE UTILIZACION DE MATERIAL DE DESECHO BASE CARTON – POLIETILENO PARA ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS. *

AUTOR: JOSE ANTONIO GONZALEZ CARREÑO **

PALABRAS CLAVES: ELEMENTO CONSTRUCTIVO, TETRA BRIK, COMPACTACION, MATRIZ AGLOMERADA.

DESCRIPCION: El tratamiento adecuado al Tetra Brik ofrece elementos constructivos de alto rendimiento.

La necesidad conjunta de brindar solución al desmesurado ritmo con el que se están produciendo desechos, que cada vez son más delicados de tratar en rellenos sanitarios, se elaboraron probetas para realizar la caracterización de envases reciclados de Tetra Brik, los cuales fueron sometidos a variaciones significativas para obtener un elemento que brinde funcionalidad y economía, esto se logro mediante el triturado de los envases a diámetros de ½”, para ser llevados a moldes metálicos y luego comprimirlos en capas con cargas superiores a las 5 Ton para lograr una unión uniforme y finalmente se calienta el molde contenedor de la probeta a una temperatura que oscila entre los 210 y los 240 grados centígrados, para ser enfriado en forma inmediata para constituir la matriz aglomerada.

Una de las virtudes de este material es que no requiere tiempo de secado para su utilización debido a que pasado el proceso de enfriamiento que es de corta duración tenemos un material listo para su uso en la industria de la construcción; pudiéndose utilizar en: muros estructurales, cielo raso, muros divisorios y elementos decorativos entre otros. Ofrece propiedades que brindan ahorro en su tiempo de instalación debido a su bajo peso, capacidad de resistir corte o aserrado, atornillado y perforado sin perder sus propiedades físico mecánicas.

* Trabajo de Grado, Modalidad Investigación.

** UIS, Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Director: Ricardo Cruz

ABSTRACT

TITLE: PROPOSALS FOR THE USE OF WASTE MATERIALS BASE CARDBOARD - POLYETHYLENE FOR CONSTRUCTIVE ELEMENTS*.

AUTHOR: JOSE ANTONIO GONZALEZ CARREÑO**.

KEYWORD: Constructive elements, Tetra Brik, Compaction, Agglomerations MATRIX.

DESCRIPTION: The proper treatment to Tetra Brik offers constructive elements of high performance.

The need to provide joint solution to the excessive pace with the wastes that are taking place, which are becoming increasingly sensitive to deal in landfills, were prepared to perform the test pieces characterization of recycled Tetra Brik cartons, which were undergoing significant changes to obtain an element that provides functionality and economy, this achievement through the shredding of ½ " packaging diameters, to be carried metal molds and then pressing them into layers with loads exceeding the 5 Ton to achieve a uniform and finally union heated mold container of the cylinder at a temperature between 210 and 240 centigrade degrees, to be cooled in immediately to form the agglomerated matrix.

One of the virtues of this material is that it not required drying time for use because it past the cooling process that is short-term we have a material ready for use in the construction industry; can be utilized in: structural walls , ceilings, walls and decorative elements divisive among others. It offers properties that provide savings in their time of installation due to its low weight, ability to resist cutting or sawing, screwed and drilled without losing their physical mechanical properties.

* Working Grade, Research Mode.

** UIS, Physics-Mathematics Engineering Faculty, Civil Engineering School, Director: Ricardo Cruz

INTRODUCCION

El crecimiento desmesurado de la población acarrea un mayor consumo de productos alimenticios, siendo este un problema al momento de la disposición final de los desechos que resultan de este incremento. En la ciudad de Bucaramanga el sitio encargado para la disposición final de desechos es el “CARRASCO” y la entidad encargada de la administración de este sitio es la Empresa Metropolitana de Aseo de Bucaramanga “EMAB”, los desechos que son administrados en este sitio provienen del área metropolitana y de otros 12 municipios del departamento de Santander. Los datos proporcionados por esta entidad en relación a la cantidad de material que se maneja en este relleno sanitario diariamente son de 650 toneladas de las cuales el 5% corresponde a envases elaborados en cartón, polietileno y aluminio. Además se manejan materiales tanto reciclables como no reciclables debido a la falta de cultura por parte de la sociedad.

La problemática que está por venir es la construcción o adecuación de nuevas cárcavas, para poder contener estas cantidades de material producidas por el incremento poblacional.

Las empresas distribuidoras de productos de consumo masivo descubrieron la forma para empacar sus productos en envases que brindan en su transporte una economía energética sustancial y con sus propiedades garantizan una mejor conservación de los productos contenidos, este tipo de envase se denomina Tetra Brik. Su revolucionaria composición de laminas de cartón prensado, aluminio y polietileno laminados, son el secreto para ofrecer estos beneficios. En estos envases sea cual sea el producto allí contenido se muestra un logo de producto reciclable para este tipo de envase. En Colombia no se manejan actualmente los medios suficientes para que este material sea realmente reciclable, debido a esto se encuentra en calles, parques, lugares públicos y

rellenos sanitarios invadidos por este tipo de envases, sin ofrecer ningún tratamiento de reciclaje real en el cual verdaderamente se le pueda brindar un nuevo uso en la industria.

El objetivo de este proyecto es lograr dar a estos envases de Tetra Brik un nuevo uso en el marco de la construcción de elementos estructurales, de esta forma se contribuiría a la disminución del impacto ambiental que estos envases están causando debido al tiempo de desintegración que esta alrededor de los 500 años en rellenos sanitarios. Otro valor agregado con la implementación de este material en la industria de la construcción es poder brindar viviendas a menores costos de los actuales, siendo esta una solución a los marcados problemas de vivienda que sufre la sociedad.

El presente documento se encuentra dividido en tres capítulos cuyos contenidos son:

En el capítulo primero se presenta un breve resumen de las propiedades que tienen los materiales que componen los envases asépticos a base de cartón, polietileno y aluminio.

En el capítulo segundo se presenta el proceso realizado en el laboratorio describiendo los procedimientos usados para la optimización del material propuesto y los ensayos realizados.

En el capítulo tercero se presentan los resultados obtenidos y su respectivo análisis y propuestas de uso.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ✓ Realizar una propuesta para la utilización del material de desecho a base de cartón – polietileno para su utilización en la fabricación de elementos constructivos.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Analizar las propiedades del material cartón – polietileno
- ✓ Identificar la cantidad de material de desecho del material cartón – polietileno que se produce en el medio.
- ✓ Realizar pruebas y ensayos para comprobar el comportamiento estructural del material cartón – polietileno.
- ✓ Identificar las debilidades del material cartón – polietileno en su uso como elemento constructivo para plantear posibles mejoras a través de la adición de otros componentes.
- ✓ Buscar que los elementos constructivos hechos a base de cartón – polietileno sean económicos, funcionales y duraderos.
- ✓ Elaborar un procedimiento para la construcción de una vivienda unifamiliar de un nivel, utilizando elementos constructivos a base de cartón – polietileno.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La necesidad conjunta de reciclar materiales como cartón y polietileno, los cuales pueden tardar cientos de años en degradarse y de solucionar un marcado déficit habitacional en el país, ha despertado el interés de muchas personas que desean proteger el medio ambiente. Las campañas que se están realizando por medio de propagandas televisivas, periódicos y de mas formas de comunicación, nos dan a conocer el desmesurado ritmo con el que se están produciendo grandes cantidades de desechos, los cuales no son explotados ni reutilizados como se debiera. El otro panorama que se desglosa de este tema, es el trabajo que brindan los excesos de desechos sólidos a las personas que se benefician como son los recicladores informales. Actualmente, Colombia genera más de 29.000 Toneladas de residuos al día, de las cuales solo un 7% aproximadamente son aprovechadas por los denominados recicladores informales, el 5% son reincorporadas al ciclo productivo a través de convenios directos entre el comercio y la industria, se cree que menos del 0.5% de estas 29.000 Toneladas es de cartón, polietileno y aluminio.

JUSTIFICACIÓN

Los elevados costos de los materiales convencionales para la construcción de vivienda para personas de escasos recursos, impulsa la búsqueda de nuevos materiales para la construcción, de esta forma presentar una investigación para la caracterización de un nuevo material no convencional que contribuya a solucionar el gran problema de vivienda digna para un sin número de personas que viven en forma precaria y aportar una solución de grandes proporciones a la disminución del impacto ambiental que genera la acumulación de este tipo de material cartón – polietileno (Tetra Brik).

ALCANCE DEL PROYECTO

Brindar a la sociedad un material que cumpla estructuralmente las necesidades básicas para la construcción de vivienda, y que ofrezca seguridad, funcionalidad y lo más importante en este proyecto economía.

1 GENERALIDADES ENVASES ASEPTICOS CARTON, POLIETILENO Y ALUMINIO (TETRA BRIK)

1.1 GENERALIDADES

Los envases de Tetra Brik son envases normalmente rectangulares, fabricados con finas capas de cartón, aluminio y plástico (polietileno). Su fabricación esta regida por la Norma ICONTEC 1468 cuyo objeto es el de establecer los requerimientos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben someterse los cartones utilizados en la elaboración de envases para leches, derivados lácteos y jugos.

El plástico es utilizado para [impermeabilizar](#) los envases, el aluminio para evitar que la luz solar llegue a los alimentos de manera que se puedan conservar bien.

Son utilizados para el envasado de refrescos, zumos, agua, vinos, salsas, [productos lácteos](#) y otros líquidos, por conservar bien los alimentos y tener escaso peso, además son fáciles de almacenar y transportar.

Ventajas de los envases Tetra Brik *

- ✓ Los envases para bebidas son robustos y resistentes a los golpes. Protegen a los productos delicados contra el aire, las bacterias y la luz. Conservan los alimentos líquidos a temperatura ambiente.
- ✓ Los envases no necesitan refrigeración, ahorrando energía.
- ✓ Protegen eficazmente las bebidas usando [un mínimo de materiales](#). Un cartón para bebidas de 1 litro pesa en la actualidad de 25 a 28 gramos. El peso del envase representa sólo un 3 % del peso del producto envasado.
- ✓ En los últimos 20 años, el peso de un cartón se ha reducido un 20%
- ✓ Están constituidos en un 75-80% de fibra de papel que proviene de la madera - un recurso natural y renovable. La mayor parte de las fibras se obtienen de pequeños árboles o ramas que no se pueden emplear como madera aserrada.

* Pagina de Internet <http://www.educared.net>

Impacto ambiental de los envases

El impacto ambiental sólo se puede valorar considerando el ciclo entero de vida del envase: desde que se obtienen sus materias primas, pasando por su transformación en material de envase, fabricación del envase, llenado, transporte, consumo y su [gestión](#) como residuo. Esto es lo que pretenden hacer los análisis de ciclo de vida.

1.2 COMPOSICIÓN POR CAPAS DE UN ENVASE DE TETRA BRIK

Los cartones para bebidas deben su eficacia a su fabricación en capas (laminado). Cada capa es de un material diferente y apropiado para una función concreta. Combinando capas que tengan sólo la cantidad necesaria de cada material para satisfacer todas las funciones requeridas, el peso y el volumen del envase en su conjunto se reducen al mínimo, mientras que se garantiza la protección del producto y la funcionalidad y comodidad para los consumidores.

Los envases de Tetra Brik están conformados por polietileno, aluminio y cartón laminado, siendo este último el de mayor uso en su composición.

1 capa	Polietileno
2 capa	Cartón
3 capa	Polietileno
4 capa	Aluminio
5 capa	Polietileno
6 capa	Polietileno

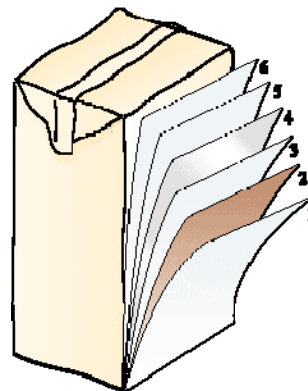


Figura 1. Capas envases de Tetra Brik.

Fuente: <http://www.cartonbebidas.com> *

Un envase de Tetra Brik se compone de las siguientes capas:

Primera Capa de Polietileno: Esta capa proporciona estanqueidad al alimento líquido contenido evitando que este salga del envase.

Segunda Capa de Cartón: Esta capa proporciona rigidez al envase.

* Pagina de Internet www.cartonbebidas.com

Tercera Capa de Polietileno: Esta capa proporciona adherencia a las capas de cartón y aluminio.

Cuarta Capa de Aluminio: Esta capa proporciona una barrera contra el Oxígeno, los olores y la luz.

Quinta Capa de Polietileno: Esta capa proporciona adherencia y garantiza que la capa de polietileno en contacto con el producto envasado permanezca intacta.

Sexta Capa de Polietileno: Esta capa Proporciona estanqueidad al alimento líquido.

1.3 COMPOSICION POR PESOS DE UN ENVASE DE TETRA BRIK

El peso de un envase de Tetra Brik en los últimos 20 años se ha reducido de 31 gramos a 26 gramos gracias a la mejor calidad del cartoncillo empleado.

La composición de un Tetra Brik en peso es la siguiente:

Papel cartón: 19.3 gramos que corresponden al 74% del peso del envase.

Plástico de polietileno: 5,3 gramos que corresponden al 20.5% del peso del envase.

Aluminio: 1,3 gramos que corresponden al 5.1% del peso del envase.

Tinta: 0,1 gramos que corresponden al 0.4% del peso del envase.



Figura 2. Composición por pesos del Tetra Brik

Fuente: Empresa Tetra Pak año 2002*

En definitiva se puede observar que este envase está compuesto por materiales reciclables.

1.3.1 Cartón (el material principal)

* Pagina de Internet www.tetrapak.com

El cartón es la materia prima esencial para la producción de envases plegables en todo el mundo. Todos los cartones se producen a partir de recursos renovables y son reciclables. Se fabrican utilizando una construcción multicapa, y las diferencias entre los cuatro tipos básicos existentes vienen condicionadas por el material que se usa para realizar cada capa.

Aunque el cartón existe en versiones de peso y gramaje muy variadas, se considera que el gramaje del cartón va de los aproximadamente 160 g/m² a los 600 g/m².

Además de los tipos básicos de cartón, hay muchas variantes adaptadas a usos especiales. Por ejemplo, se le pueden añadir aditivos especiales para hacerlo resistente al agua y a la humedad en envases destinados al sector de alimentos congelados. Otra opción es añadir una capa de plástico directamente sobre el cartón, normalmente mediante extrusión, para otorgarle propiedades como barreras contra el agua y la grasa, recurso muy utilizado en los envases del sector de la comida para animales. Otra posibilidad es añadir al cartón un laminado de papel de aluminio o poliéster metalizado para darle un acabado metálico. Estos tipos especiales de cartón son cada vez más frecuentes.

El cartón se fabrica a partir de diferentes tipos de pasta o de combinaciones de éstas. Los cartones más comunes utilizan los siguientes tipos de pasta:

Pasta química: en la producción de la pasta química, las fibras se extraen de la madera añadiendo productos químicos a las astillas que disuelven la lignina, que es el cemento que une las fibras una con otra.

Pasta mecánica: en la producción de la pasta mecánica, las fibras se extraen de la madera mediante un proceso mecánico a base de discos metálicos o cilindros de roca especial que desfibran y mueven las astillas hasta conseguir fibras individuales.

Pasta de fibras recicladas: este tipo de pasta se produce mediante el reciclaje de material basado en recortes variados previamente seleccionados. Las fuentes de fibras recicladas son el rechazo generado por las propias fábricas de papel y cartón y la recogida selectiva, por diferentes canales, de productos fabricados con papel y cartón.

Propiedades del cartón *

Gramaje

El papel de más de 160 g/m² recibe el nombre de cartón, ya que éste es el nivel mínimo para que un material fibroso pueda ser suficientemente rígido y fuerte para convertirse en envase. La mayoría de los cartones para envases tiene un gramaje que oscila entre los 160 y los 600 g/m².

Grosor

El material utilizado en la mayoría de los envases de cartón tiene un grosor que oscila entre las 350 y las 800 µm.

Volumen

Al cartón que es voluminoso en relación con su peso se le considera de alto volumen, mientras que al cartón compacto se le denomina de bajo volumen. Generalmente, el cartón de alto volumen es más rígido y más grueso que el cartón del mismo gramaje pero con bajo volumen.

Rigidez

El cartón es el único material que tiene la capacidad de ofrecer una gran rigidez por unidad de peso. Sin ella, el cartón no podría cumplir con su función primaria, que es proteger el contenido del envase.

Fuerza de compresión

* Página de Internet www.procarton.com

Cuando los envases de cartón son apilados uno encima de otro, lógicamente la mayor carga recae sobre la pila inferior. Para evitar que los envases se derrumben, la propiedad más importante del cartón como material es su buena fuerza de compresión.

Fuerza de rasgado

Es la fuerza necesaria para rasgar una lámina de cartón a lo largo de una incisión existente. Esto es importante, por ejemplo, para saber cómo trabajará una tira de rasgado cuando se abra un envase. Cuanto más grueso es el cartón, mayor es su rigidez.

1.3.2 Aluminio

El aluminio es liviano, y a pesar de ello algunas de sus aleaciones tienen una resistencia estructural mayor a la de muchos aceros. Tiene una alta resistencia a la corrosión bajo la mayoría de las condiciones de servicio, y no se forman sales que manchen la superficie de contacto. No tienen reacciones tóxicas. Tienen una buena conductividad eléctrica y térmica, y alta reflectividad tanto al calor como a la luz. Puede ser trabajado para lograr cualquier forma y acepta rápidamente una amplia variedad de terminaciones superficiales.

El bajo peso es una de sus características más útiles: con una densidad de 2.7 g/cm³ (Kg. /DM³). Esto Equivale a un 30% del peso del hierro o acero y a un 35% del peso del cobre.

Una amplia variedad de productos se consigue a través de las distintas combinaciones de aleaciones, trabajos en frío y tratamientos térmicos.

Cada producto de aluminio se designa a través de un número de aleación y otro de temple. "El temple" del aluminio indica la cantidad de trabajo en frío, o el tipo de tratamiento térmico en el caso de las aleaciones tratables térmicamente.

Cuando el aluminio se expone a la atmósfera, se forma inmediatamente una fina capa invisible de óxido de aluminio que lo protege de un ataque posterior. Esta

autoprotección es lo que le da al aluminio una alta resistencia a la corrosión.

El aluminio es altamente resistente al medio ambiente en general, inclusive en atmósferas industriales que suelen corroer otros metales. También resiste la corrosión de muchos ácidos aunque es atacado por álcalis, que pueden entrar en contacto con el aluminio en presencia de inhibidores.

El hecho de que el aluminio no es tóxico fue descubierto en los principios del desarrollo de su industrialización. Es esta característica lo que permite su uso en utensilios de cocina sin que genere consecuencias al cuerpo humano, pudiendo observarse numerosos casos en donde el aluminio está en contacto directo con los alimentos (bandejas, rollos de papel aluminio doméstico, envases compuestos asépticos) o con medicamentos.

La facilidad con que el aluminio puede transformarse es una de sus principales ventajas; este metal puede ser fundido o colado a través de los métodos conocidos se puede laminar hasta espesores inferiores al del papel.

El reciclado del aluminio es muy importante, tanto desde el punto de vista comercial como ecológico. El refundido del aluminio consume solo el 5% de la energía necesaria para obtener el metal a partir de su materia prima (bauxita). Además no es estrictamente necesario identificar la aleación del aluminio para reprocesarlo. De esta manera, el valor comercial del scrap de aluminio es varias veces superior al del acero.

Foil de Aluminio

En Colombia, el foil de aluminio se produce a base de lingotes de aluminio que se importan de varios países. Estos lingotes son producidos a su vez por electrólisis de la bauxita fundida en grandes hornos. El proceso de fabricar el foil de aluminio consiste

en pasar los lingotes por una máquina laminadora que poco a poco lo va aplastando hasta volverlo una hoja delgada continua.

El foil de aluminio sigue siendo después de muchos años, la mejor barrera disponible al vapor de agua y a transmisión de gases. Además de ella, su aspecto metálico es aprovechado en diversidad de empaques. Sin embargo, debido a su alto costo, se usa principalmente en espesores muy delgados. El aluminio en estos espesores (9 a 25 micrones) debe ser protegido por materiales plásticos o papel, pues de lo contrario sus propiedades de barrera se reducen notoriamente por fracturas o perforaciones. Respecto a lo anterior, se ha encontrado que la mejor protección que puede ofrecerse al aluminio delgado es laminándolo con polietileno o papeles muy delgados y también a películas plásticas como poliéster o polipropileno biorientados. En general se puede decir que a mayor flexibilidad del laminado, mayor protección se va a obtener al usar el aluminio.

1.3.3 Polietileno *

El polietileno fue desarrollado por la compañía Imperial Chemical Industries ICI al inicio de los años cincuenta, y su desarrollo industrial comenzó simultáneamente con el polietileno de alta presión o de baja densidad LEPE o PEBD que era el único disponible en ese tiempo. En el año 1952 se añade a la industria el PEAD o HDPE, o polietileno lineal, que superó en aplicaciones al PEBD por sus mejores características fisicoquímicas. El polietileno es probablemente el polímero que más se utiliza en el mundo moderno. Éste es el polímero que se utiliza para fabricar las bolsas de almacén, los frascos de champú, los juguetes de los niños, e incluso chalecos a prueba de balas. Es un material muy adaptable y muy fácil de procesar.

Químicamente presenta una estructura molecular muy simple, siendo una cadena larga de átomos de carbono, con dos átomos de hidrógeno unidos a cada átomo de carbono.

* Pagina de Internet [http:// www.envapack.com](http://www.envapack.com)

Algunos de los carbonos, en lugar de tener hidrógenos unidos a ellos, tienen asociadas largas cadenas de polietileno. Esto se llama polietileno ramificado, o de baja densidad, o LDPE. Cuando no hay ramificación, se llama polietileno lineal, o HDPE. El polietileno lineal es mucho más fuerte que el polietileno ramificado, pero el polietileno ramificado es más barato y más fácil de hacer.

La gran utilización del polietileno en el mundo moderno, es el resultado de la combinación de sus mejores propiedades, se pueden obtener diferentes grados y especificaciones de acuerdo a cada necesidad, su barrera a los gases es muy baja, su resistencia química a los ácidos es buena, así como a las bases y a las sales, sin embargo los agentes oxidantes fuertes y los solventes orgánicos pueden causar grave deterioro de su estructura.

El Polietileno se obtiene del gas monómero Etileno, ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$), que en un reactor, bajo condiciones adecuadas de presión y temperatura y en presencia de un catalizador metálico se logra encadenar una serie de monómeros convirtiéndose en un polímero como una gran cadena. La materia prima, el gas etileno es obtenido como una fracción de la destilación del petróleo o por rompimiento (Cracking) de una molécula de compuestos más pesada, también puede obtenerse del gas natural. Uno de los sistemas de producción de polietileno es el sistema suspensión en agente líquido o diluyente en el reactor, que logra altas producciones del polímero.

Para medir el flujo del polietileno se realiza un procedimiento denominado MELT INDEX o MI, y se refiere a la relación inversa entre el peso molecular y la velocidad de fluidez y de procesamiento del material. Es decir una resina con un bajo peso molecular tendrá un alto MI o Melt index o índice de fluidez; otra resina con alto peso molecular tendrá un bajo MI. Resinas con un MI inferior a 1,0 pueden ser utilizadas para proceso por Extrusión soplado, Cuando se tienen resinas con un MI alto como 40 o más entonces se puede procesar para inyección de tapas o cuerpos sólidos.

Algunas de las ventajas del polietileno son:

- ✓ Facilidad de procesamiento, reducida sensibilidad térmica del material fundido.

- ✓ Excelente resistencia al rompimiento por caída de los envases, inclusive a bajas temperaturas.
- ✓ Excelente flexibilidad de los tipos blandos de PE, aún sin plastificantes líquidos que pudiesen ser lixiviados.
- ✓ Buena resistencia al aplastamiento de los envases de LDPE o HDPE, con la geometría apropiada.
- ✓ Baja formación de grietas por tensiones
- ✓ Buena barrera al vapor de agua.
- ✓ Gran resistencia a los productos químicos.
- ✓ Admitido por la FDA para fabricación de envases y empaques en contacto para alimentos.

2 RECOLECCIÓN Y ADECUACIÓN DE ENVASES DE TETRA BRIK PARA LA CONFORMACIÓN DE PROBETAS.

2.1 PROCESO DE RECICLAJE DE ENVASES DE TETRA BRIK

En la ciudad de Bucaramanga los envases de Tetra Brik no son reciclados por parte de la industria, debido a su falta de uso. Para efectos de este proyecto se realizaron diversas propuestas para la recolección de este producto en su forma de desecho, se paso una solicitud a la Empresa de Aseo de Bucaramanga (EMAB), para poder buscar estos envases en las instalaciones del relleno sanitario del CARRASCO Y además fue necesaria la recolección manual por los colegios de la ciudad.



Figura 3. Envases reciclados de Tetra Brik

Fuente: José Antonio González Carreño

La recolección de este tipo de envases no tiene ningún tipo de restricción debido a que no existe interés en las condiciones en las que el material se encuentra al momento de reciclarlo. El tamaño, la forma y el estado en que se encuentren los envases no es relevante.

2.2 PROCESO DE LAVADO Y SECADO DE ENVASES DE TETRA BRIK

Los envases reciclados tienen un proceso de lavado interno, para el cual fue necesario realizar la apertura total del envase puesto que sellada no es posible eliminar los residuos contenidos; además de la separación de todo tipo de material distinto al Tetra

Brik (tapas, pitillos, etc.). Este lavado se realizó mediante la aplicación de agua a presión y detergente. Para una mejor limpieza se utilizó una esponja.



Figura 4. Lavado y secado de envases de Tetra Brik

Fuente: José Antonio González Carreño

Luego de terminar con el lavado de los envases, se procedió a realizar el secado, extendiéndolos de tal manera que la temperatura ambiente eliminara los residuos de agua.

2.3 PROCESO DE CORTE Y TRITURADO

Para realizar el proceso de triturado se utilizó la máquina Molino de Cuchillas ubicada en la planta de aceros de la Universidad Industrial de Santander.



Figura 5. Corte y triturado de envases de Tetra Brik

Fuente: José Antonio González Carreño

Debido al tipo de material (laminado) se requirió cortarlo manualmente en tamaños máximos de 30 mm * 30 mm antes de introducirlo a la maquina.

Para la elaboración de probetas se probaron tres tipos diferentes de tamices, buscando el tamaño adecuado para la constitución de las probetas definitivas.

Tabla 1. Diámetros empleados en molino de cuchillas.

DIAMETRO DEL TAMIZ		CALIFICACION	OBSERVACIONES
PULGADAS	MILIMETROS		
3/8.	9,5	DEFICIENTE	El triturado excesivo del material hace que las propiedades del polietileno sean deficientes al fundirse con el cartón y el aluminio.
1/2.	12,7	EXCELENTE	Se determino que el tamaño del material obtenido con este tamiz brinda las dimensiones requeridas para que el polietileno sea efectivo al fundirse y logre adherir todos los componentes.
5/8.	15,9	DEFICIENTE	El triturado deficiente del material hace que el cartón, el aluminio y polietileno no permitan conformar aglomeraciones adecuadas para su compactación.

2.4 PROCESO PARA LA ELABORACION DE MOLDES

Para realizar los ensayos de compresión, tensión y flexión (Norma ICONTEC 220, 119 y 120 respectivamente) se deben utilizar tres tipos de moldes diferentes.



Figura 6. Molde ensayo de compresión

Fuente: José Antonio

González Carreño



Figura 7. Molde ensayo de tensión

Fuente: José Antonio González Carreño



Figura 8. Molde ensayo de flexión

Fuente: José Antonio González Carreño

Para la fabricación de estos moldes se utilizó lámina de hierro de $\frac{1}{4}$ de pulgada de espesor para evitar la deformación por la presión ejercida por la prensa al momento de compactar mecánicamente el material.

2.5 PROCESO PARA LA ELABORACION DE PROBETAS DE TETRA BRIK

2.5.1 Proceso de llenado de moldes

Para realizar el llenado de los moldes se formaron capas de 1.5 cm. de espesor las cuales se compactaron en la máquina universal marca TREBEL con presiones de 5 y 6 toneladas (este dato se obtuvo mediante pruebas de ensayo y error). Para evitar que el material de Tetra Brik se adhiriera al molde este se recubrió con papel aluminio antes del llenado.



Figura 9. Llenado y compactación de moldes

Fuente: José Antonio González Carreño

2.5.2 Proceso de calentamiento de probetas

Mediante un soplete de gas natural se proporciona calor al molde de tal que el calor funda el contenido de polietileno (PE) que une la fibra densamente comprimida y los fragmentos de aluminio en una matriz elástica.



Figura 10. Calentamiento de probetas

Fuente: José Antonio González Carreño

Para determinar la temperatura ideal a la que esta fusión ocurre se realizaron pruebas de ensayo y error que arrojaron una temperatura óptima en un rango de 200 °C a 240

°C, debido a que al someterlo a una temperatura menor no logra fundir el polietileno y este no puede conformar la matriz elástica, y al someterlo a una temperatura mayor el cartón y el polietileno combústionan sin poder conformar la matriz elástica.

El polietileno es un agente de unión muy eficaz, de manera que no es necesario añadir cola o productos químicos como el formaldehído de urea que se usa para mantener unidos los aglomerados convencionales de madera.

2.5.3 Proceso de enfriamiento de probetas

La matriz resultante se enfría después rápidamente sumergiendo el molde en agua a temperatura ambiente aproximadamente durante 5 minutos, formando un duro aglomerado con una superficie impermeable.

2.5.4 Proceso de desmolde

Para el desmolde del material se espera a que el molde tuviera temperatura ambiente de tal manera que se manipularan los moldes con facilidad, teniendo especial previsión de no realizar daños a la probeta.

3. ENSAYOS DE LABORATORIO

3.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN

Por medio de este ensayo podemos comprobar la resistencia a la compresión de cubos prefabricados de 5 mm de lado (según norma ICONTEC 220), sometiéndolo a la acción de cargas que van teniendo un incremento en forma gradual y midiendo las deformaciones producidas por este incremento hasta poder obtener la fluencia del material. Además se procedio a llevar el material a la rotura incrementando las cargas.

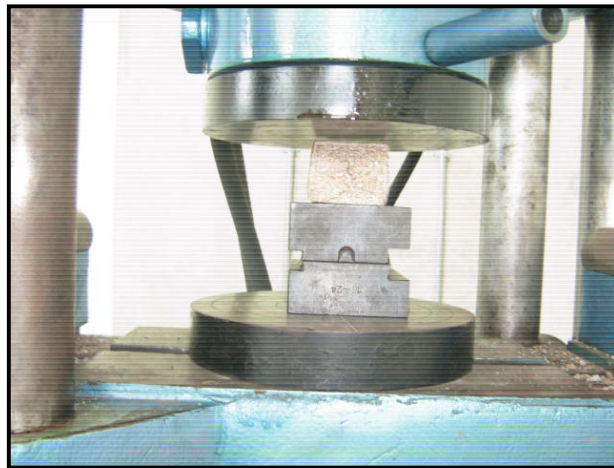


Figura 11. Ensayo de compresión

Fuente: José Antonio González Carreño

3.1.1 Aparatos

Para efectuar este ensayo se utilizo la maquina universal marca TREBEL ubicada en el laboratorio de resistencia de materiales del edificio Álvaro Beltrán Pinzón de la Universidad Industrial de Santander.



Figura 12. Maquina Universal de ensayos marca TREBEL

Fuente: José Antonio González Carreño

3.1.2 Muestreo

Se realizaron los ensayos a diez probetas de las cuales 5 se conformaron con presiones de 5 Ton y otras 5 con presiones de 6 Ton, todas las probetas se formaron con temperaturas que varían en los valores del rango permisible.

3.1.3 Comprobaciones

Previamente se comprobó que cada una de las probetas cumplía con los tamaños especificados en las Normas Técnicas Colombianas para el sector de la Construcción (NTC) y sus especificaciones de planeidad en cada una de sus caras.

3.1.4 Análisis

Mediante las gráficas elaboradas con los datos de Esfuerzo vs. Deformación que arrojaron los ensayos realizados de compresión se pudo obtener el modulo de elasticidad experimental del material.

La falla que se evidencia en el ensayo no fue súbita, mostrando elasticidad en la conformación de la probeta.

3.2 ENSAYO DE TENSION

Mediante este ensayo se quiere establecer la resistencia a la tensión de briquetas (Según norma ICONTEC 119),

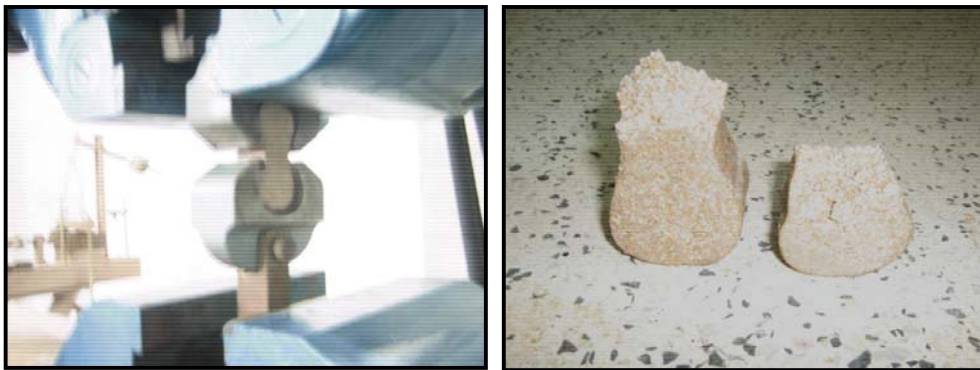


Figura 13. Ensayo de tensión

Fuente: José Antonio González Carreño

Basados en las lecturas de carga y deformación se puede realizar la grafica de Esfuerzo Vs Deformación la cual nos permite evidenciar el momento de la rotura del material y su punto de fluencia.

3.2.1 Aparatos

Para efectuar este ensayo se utilizo la maquina universal marca TREBEL ubicada en el laboratorio de resistencia de materiales del edificio Álvaro Beltrán Pinzón de la Universidad Industrial de Santander, a la cual se le adecuaron los accesorios correspondientes para este ensayo.

3.2.2 Muestreo

Se realizaron los ensayos a diez probetas de las cuales 5 se conformaron con presiones de 5 Ton y otras 5 con presiones de 6 Ton, todas las probetas se formaron con temperaturas que varían en los valores del rango permisible.

3.2.3 Comprobaciones

Previamente se comprobó que cada una de las probetas cumplía con los tamaños especificados en las Normas Técnicas Colombianas para el sector de la Construcción (NTC) y sus especificaciones de planeidad en cada una de sus caras.

3.2.4 Análisis

En el ensayo de tensión se pudo observar que la rotura de las probetas cumple con la normatividad y seguimiento de las áreas donde normalmente ocurre esta falla en morteros. Diferenciándose por tener una mayor deformación evidenciando mayor capacidad de fluencia.

3.3 ENSAYO DE FLEXION

Este ensayo nos muestra la resistencia a la flexión del material fabricado sometándolo a la acción gradual de cargas, las cuales lo deforman hasta llegar a la falla pasando por la fluencia y de esta forma se muestra el momento necesario para llegar a la rotura del elemento, (Según norma 120)



Figura 14. Ensayo de flexión

Fuente: José Antonio González Carreño

3.3.1 Aparatos

Para efectuar este ensayo se utilizó la máquina universal marca TREBEL ubicada en el laboratorio de resistencia de materiales del edificio Álvaro Beltrán Pinzón de la Universidad Industrial de Santander, siendo necesario realizar la idealización de una viga simplemente apoyada.

3.3.2 Muestreo

Se realizaron los ensayos a diez probetas de las cuales 5 se conformaron con presiones de 5 Ton y otras 5 con presiones de 6 Ton, todas las probetas se formaron con temperaturas que varían en los valores del rango permisible.

3.3.3 Comprobaciones

Previamente se comprobó que cada una de las probetas cumplía con los tamaños especificados en las Normas Técnicas Colombianas para el sector de la Construcción (NTC) y sus especificaciones de planeidad en cada una de sus caras.

3.3.4 Análisis

En el ensayo de flexión podemos observar que el material evidencia grandes atributos de fluencia, siendo un factor importante la efectiva fabricación de las probetas, las cuales fallan de forma lenta.

4 CONCLUSIONES

- ✓ El material tratado en el presente análisis muestra propiedades físico mecánicas muy favorables, lo cual nos permite emplearlo como muros no estructurales, divisiones interiores, cielos rasos y decorativo en descolgados, brindando rapidez , facilidad a la hora de utilizarlo y lo más importante economía.
- ✓ Su matriz aglomerada permite que este sea taladrado, acerrado clavado y atornillado, brindando así mayores ventajas a la hora de utilizarlo.
- ✓ Los acabados obtenidos en los prefabricados de Tetra Brik nos brindan superficies lisas y fáciles de tratar, permitiendo la utilización de friso, estuco y cualquier elemento decorativo presente en el mercado.
- ✓ El proceso constructivo de los prefabricados debe realizarse teniendo en cuenta las condiciones de temperatura que posee el material para que la matriz aglomerada se cohesione mediante la fundición del polietileno.
- ✓ Sin el proceso de enfriamiento rápido del molde del prefabricado este no logra la rigidez que se presenta para las probetas en este análisis.

RECOMENDACIONES

El proceso de recolección del material se debe hacer de tal forma que este no presente un deterioro excesivo, puesto que se incrementa el costo de secado para efectos de corte y triturado.

Los moldes deben ser en un material que resista las presiones iniciales de compactación y además debe estar recubierto en la zona de contacto con el material por una capa de aluminio para evitar que este se adhiera al molde.

En el proceso de enfriamiento del molde este no debe permitir el contacto de líquidos con el material, puesto que afecta sus propiedades físicas mecánicas.

Realizar nuevos estudios del material utilizando adiciones de otro tipo de elementos que puedan brindar mayores resistencias y aumentar su estabilidad estructural, puede tratarse con (PET), un material reciclable.

BIBLIOGRAFIA

NORMA TECNICA COLOMBIANA PARA LA CONSTRUCCION Método para determinar la resistencia a la tensión de morteros de cemento hidráulico Norma ICONTEC 119.

NORMA TECNICA COLOMBIANA PARA LA CONSTRUCCION Método para determinar la resistencia a la flexión de morteros de cemento hidráulico Norma ICONTEC 120.

NORMA TECNICA COLOMBIANA PARA LA CONSTRUCCION Determinación de la resistencia de morteros de cemento hidráulico usando cubos de 50 mm de lado Norma ICONTEC 220.

NORMAS QUE RIGEN PARA LOS CARTONES UTILIZADOS EN LA ELABORACION DE ANVASES PARA LECHEs DERIVADOS LACTEOS Y JUGOS. Norma ICONTEC 1468.

Muros en sistema drywall como elementos estructurales ante cargas sísmicas. A. Rico Universidad de los andes Bogotá Colombia.

PAGINAS DE INTERNET

www.educared.net

www.cartonbebidas.com

www.tetrapak.com

www.procarton.com

www.envapack.com

ANEXO 1

ENSAYO A FLEXION

ENSAYO A FLEXION DE VIGA SIMPLEMENTE APOYADA

PROBETA 1

Compactada a 5 Toneladas

LONGITUD	15 Cm
ANCHO	4 Cm
ESPESOR	4 Cm

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	DEFLEXION (mm/mm)
20	0,33	0,2540
40	0,67	0,5080
60	1,00	1,0160
80	1,33	1,2700
100	1,67	1,5240
120	2,00	1,9050
140	2,33	2,3114
150	2,50	3,4290

ENSAYO A FLEXION DE VIGA SIMPLEMENTE APOYADA

PROBETA 2

Compactada a 5 Toneladas

LONGITUD	15 Cm
ANCHO	4 Cm
ESPEJOR	4 Cm

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
20	0,33	0,1524
40	0,67	0,4572
60	1,00	1,0668
80	1,33	1,2700
100	1,67	1,5494
120	2,00	1,7780
140	2,33	2,2606
155	2,58	3,1496

ENSAYO A FLEXION DE VIGA SIMPLEMENTE APOYADA

PROBETA 3

Compactada a 5 Toneladas

LONGITUD	15 Cm
ANCHO	4 Cm
ESPEJOR	4 Cm

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM²)	DEFLEXION (mm/mm)
20	0,33	0,2286
40	0,67	0,4826
60	1,00	1,0160
80	1,33	1,2192
100	1,67	1,5240
120	2,00	1,6510
140	2,33	2,2098
143	2,38	3,2766

ENSAYO A FLEXION DE VIGA SIMPLEMENTE APOYADA

PROBETA 4

Compactada a 5 Toneladas

LONGITUD	15 Cm
ANCHO	4 Cm
ESPEJOR	4 Cm

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
20	0,33	0,2540
40	0,67	0,3556
60	1,00	0,6350
80	1,33	0,7366
100	1,67	1,0160
120	2,00	1,3970
140	2,33	1,9812
152	2,53	2,5400

ENSAYO A FLEXION DE VIGA SIMPLEMENTE APOYADA

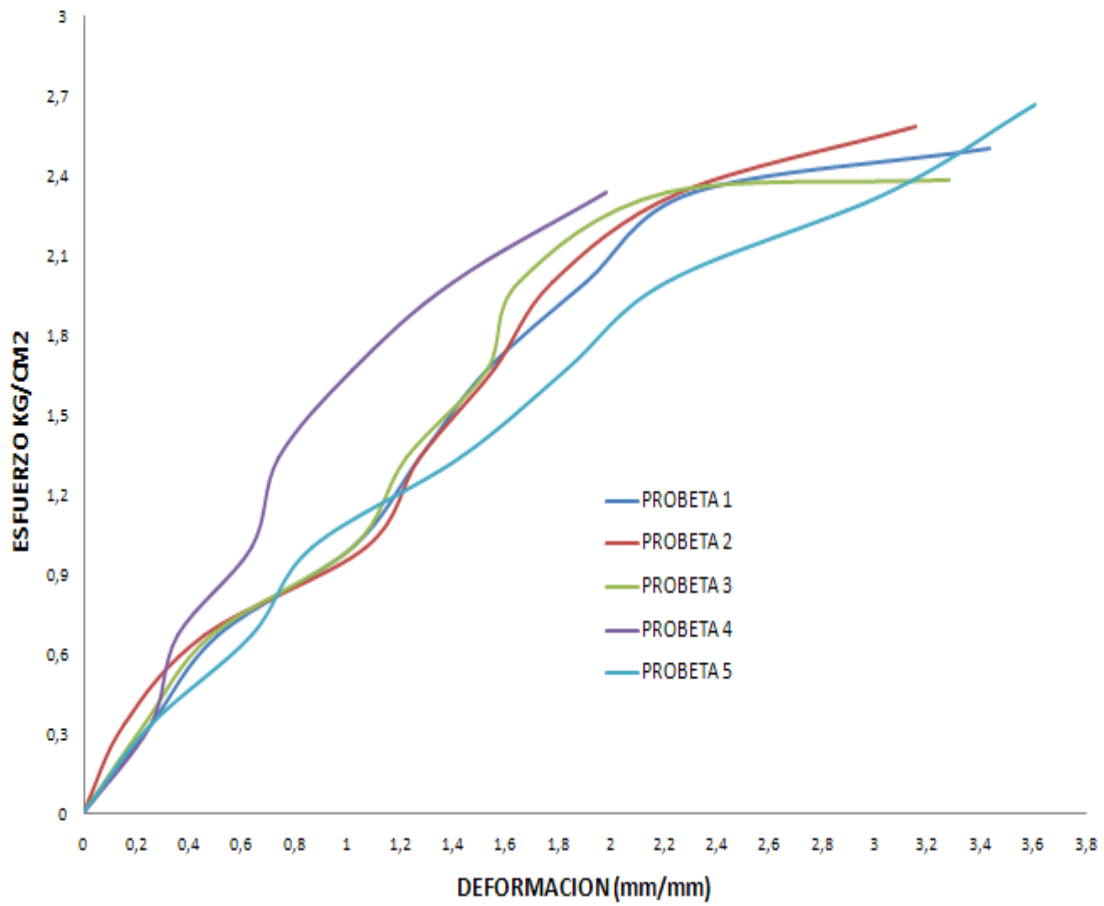
PROBETA 5

Compactada a 5 toneladas

LONGITUD	15 Cm
ANCHO	4 Cm
ESPEJOR	4 Cm

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
20	0,33	0,2540
40	0,67	0,6350
60	1,00	0,8636
80	1,33	1,4224
100	1,67	1,8288
120	2,00	2,2098
140	2,33	3,0480
160	2,67	3,6068

ENSAYO A FLEXION Probetas compactadas a 5 Ton.



ENSAYO A FLEXION DE VIGA SIMPLEMENTE APOYADA

PROBETA 1

Compactada a 6 Toneladas

LONGITUD	15 Cm
ANCHO	4 Cm
ESPEJOR	4 Cm

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
20	0,33	0,2032
40	0,67	0,3048
60	1,00	0,4826
80	1,33	0,5334
100	1,67	0,7112
120	2,00	0,8636
140	2,33	1,1430
160	2,67	1,5748
172	2,87	2,2098

ENSAYO A FLEXION DE VIGA SIMPLEMENTE APOYADA

PROBETA 2

Compactada a 6 Toneladas

LONGITUD	15 Cm
ANCHO	4 Cm
ESPEJOR	4 Cm

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
20	0,33	0,3048
40	0,67	0,4064
60	1,00	0,6096
80	1,33	0,9144
100	1,67	1,0160
120	2,00	1,2192
140	2,33	1,3716
160	2,67	1,5240
168	2,80	1,9050

ENSAYO A FLEXION DE VIGA SIMPLEMENTE APOYADA

PROBETA 3

Compactada a 6 Toneladas

LONGITUD	15 Cm
ANCHO	4 Cm
ESPEJOR	4 Cm

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
20	0,33	0,2540
40	0,67	0,5080
60	1,00	0,8636
80	1,33	0,9906
100	1,67	1,1176
120	2,00	1,4224
140	2,33	1,7526
158	2,63	2,1844

ENSAYO A FLEXION DE VIGA SIMPLEMENTE APOYADA

PROBETA 4

Compactada a 6 Toneladas

LONGITUD	15 Cm
ANCHO	4 Cm
ESPEJOR	4 Cm

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
20	0,33	0,2794
40	0,67	0,5080
60	1,00	0,8636
80	1,33	1,0668
100	1,67	1,2700
120	2,00	1,5748
140	2,33	1,7780
160	2,67	1,9304
170	2,83	2,2860

ENSAYO A FLEXION DE VIGA SIMPLEMENTE APOYADA

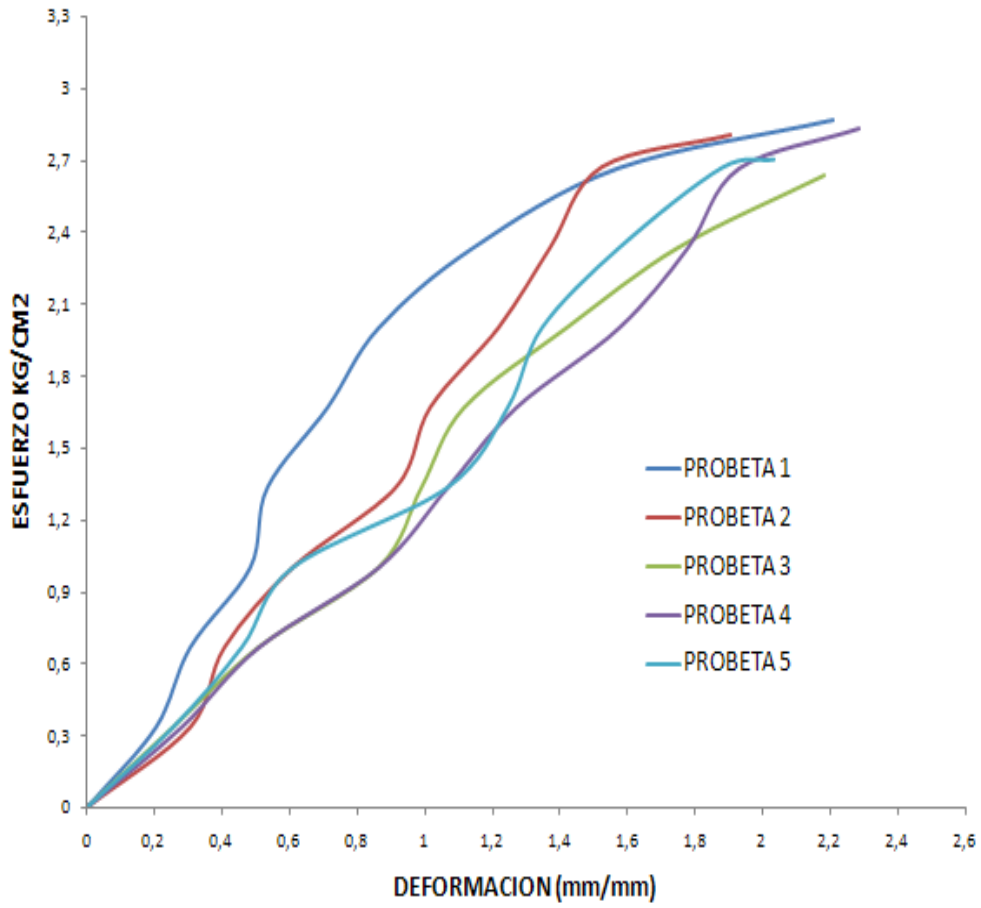
PROBETA 5

Compactada a 6 toneladas

LONGITUD	15 Cm
ANCHO	4 Cm
ESPEJOR	4 Cm

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
20	0,33	0,2540
40	0,67	0,4572
60	1,00	0,6096
80	1,33	1,0668
100	1,67	1,2446
120	2,00	1,3462
140	2,33	1,5748
160	2,67	1,8796
162	2,70	2,0320

ENSAYO A FLEXION Probetas compactadas a 6 Ton



ANEXO 2

ENSAYO A COMPRESION

ENSAYO A COMPRESION

PROBETA 1

Compactada a 5 Toneladas

LONGITUD	5 Cm
ANCHO	5 Cm
ESPEJOR	5 Cm

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
200	8	0,0356
400	16	0,0483
600	24	0,0610
800	32	0,0711
1000	40	0,0813
1200	48	0,0889
1400	56	0,0965
1600	64	0,1092
1800	72	0,1168
2000	80	0,1219
2200	88	0,1372
2400	96	0,1499
2600	104	0,1600
2800	112	0,1676
3000	120	0,1778
3200	128	0,1880
3400	136	0,1981
3600	144	0,2108
3800	152	0,2235
4000	160	0,2286
4200	168	0,2413
4400	176	0,2489
4600	184	0,2667
4800	192	0,2921

5000	200	0,3124
5200	208	0,3277
5400	216	0,3531
5600	224	0,3683
5800	232	0,3988
6000	240	0,4394
6200	248	0,4928
6400	256	0,5436
6600	264	0,6020
6800	272	0,6350
7000	280	0,6782
7200	288	0,7239
7400	296	0,7595
7600	304	0,8052
7800	312	0,8788
8000	320	0,9347
8100	324	1,0008
8110	324	1,1684
8120	325	1,2446

ENSAYO A COMPRESION

PROBETA 2

Compactada a 5 Toneladas

LONGITUD	5 Cm
ANCHO	5 Cm
ESPEJOR	5 Cm

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
200	8	0,0305
400	16	0,0610
600	24	0,0711
800	32	0,0838
1000	40	0,0914
1200	48	0,1041
1400	56	0,1194
1600	64	0,1321
1800	72	0,1448
2000	80	0,1600
2200	88	0,1753
2400	96	0,1905
2600	104	0,2134
2800	112	0,2261
3000	120	0,2362
3200	128	0,2591
3400	136	0,2743
3600	144	0,2921
3800	152	0,3150
4000	160	0,3277
4200	168	0,3353
4400	176	0,3454
4600	184	0,3581
4800	192	0,3683
5000	200	0,3810
5200	208	0,3912
5400	216	0,4039
5600	224	0,4140
5800	232	0,4216

6000	240	0,4674
6200	248	0,4953
6400	256	0,5588
6600	264	0,5817
6800	272	0,6325
7000	280	0,6807
7200	288	0,7290
7400	296	0,7569
7600	304	0,8001
7800	312	0,8357
8000	320	0,8661
8010	320	0,9119
8020	321	0,9296
8030	321	0,9830

ENSAYO A COMPRESION

PROBETA 3

Compactada a 5 toneladas

LONGITUD	5 Cm
ANCHO	5 Cm
ESPESOR	5 Cm

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
200	8	0,0445
400	16	0,0603
600	24	0,0762
800	32	0,0889
1000	40	0,1016
1200	48	0,1111
1400	56	0,1207
1600	64	0,1365
1800	72	0,1461
2000	80	0,1524
2200	88	0,1715
2400	96	0,1873
2600	104	0,2000
2800	112	0,2096
3000	120	0,2223
3200	128	0,2350
3400	136	0,2477
3600	144	0,2635
3800	152	0,2794
4000	160	0,2858
4200	168	0,3016
4400	176	0,3112
4600	184	0,3334
4800	192	0,3651
5000	200	0,3905
5200	208	0,4096

5400	216	0,4413
5600	224	0,4604
5800	232	0,4985
6000	240	0,5493
6200	248	0,6160
6400	256	0,6795
6600	264	0,7525
6800	272	0,7938
7000	280	0,8477
7200	288	0,9049
7400	296	0,9493
7410	296	1,0065
7420	297	1,0986
7430	297	1,1684

ENSAYO A COMPRESION

PROBETA 4

Compactada a 5 Toneladas

LONGITUD	5 Cm
ANCHO	5 Cm
ESPESOR	5 Cm

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
200	8	0,0427
400	16	0,0853
600	24	0,0996
800	32	0,1173
1000	40	0,1280
1200	48	0,1458
1400	56	0,1671
1600	64	0,1849
1800	72	0,2027
2000	80	0,2240
2200	88	0,2454
2400	96	0,2667
2600	104	0,2987
2800	112	0,3165
3000	120	0,3307
3200	128	0,3627
3400	136	0,3840
3600	144	0,4089
3800	152	0,4409
4000	160	0,4587
4200	168	0,4694
4400	176	0,4836
4600	184	0,5014
4800	192	0,5156
5000	200	0,5334
5200	208	0,5476

5400	216	0,5654
5600	224	0,5796
5800	232	0,5903
6000	240	0,6543
6200	248	0,6934
6400	256	0,7823
6600	264	0,8143
6800	272	0,8854
7000	280	0,9530
7030	281	1,0206
7060	282	1,0597

ENSAYO A COMPRESION

PROBETA 5

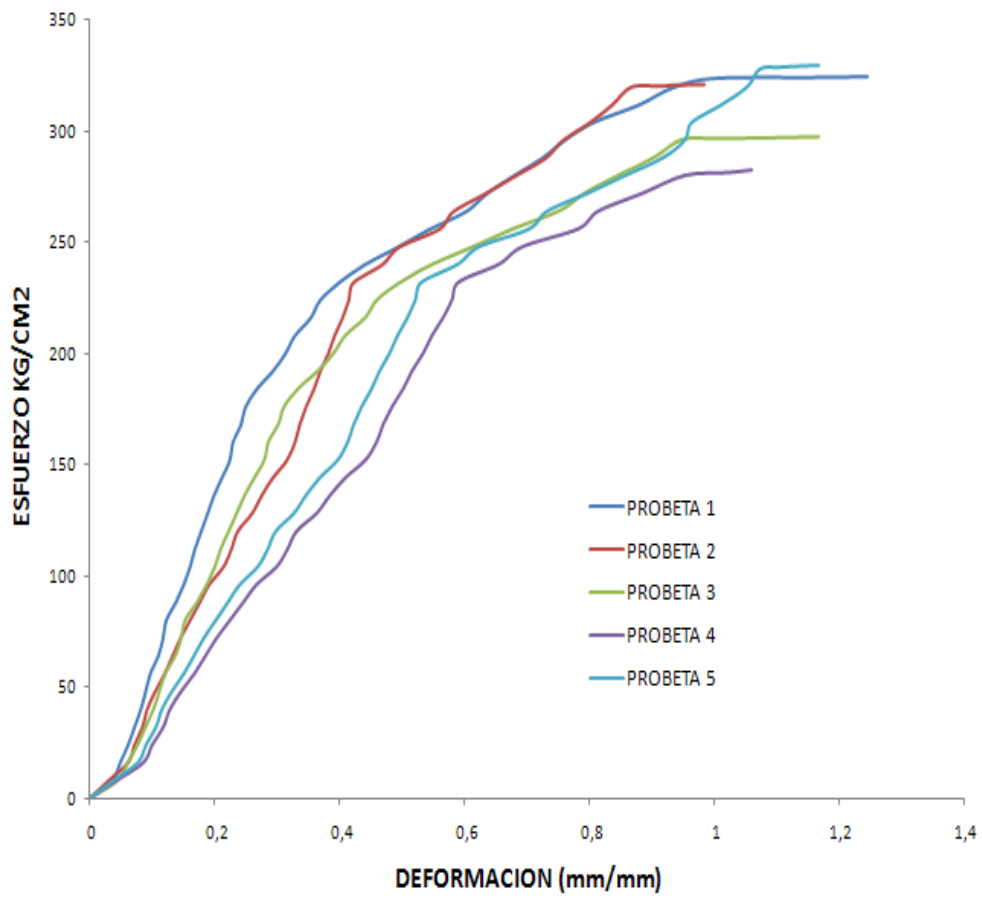
Compactada a 5 Toneladas

LONGITUD	5 Cm
ANCHO	5 Cm
ESPESOR	5 Cm

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
200	8	0,0384
400	16	0,0768
600	24	0,0896
800	32	0,1056
1000	40	0,1152
1200	48	0,1312
1400	56	0,1504
1600	64	0,1664
1800	72	0,1824
2000	80	0,2016
2200	88	0,2208
2400	96	0,2400
2600	104	0,2688
2800	112	0,2848
3000	120	0,2976
3200	128	0,3264
3400	136	0,3456
3600	144	0,3680
3800	152	0,3968
4000	160	0,4129
4200	168	0,4225
4400	176	0,4353
4600	184	0,4513
4800	192	0,4641
5000	200	0,4801
5200	208	0,4929
5400	216	0,5089
5600	224	0,5217
5800	232	0,5313

6000	240	0,5889
6200	248	0,6241
6400	256	0,7041
6600	264	0,7329
6800	272	0,7969
7000	280	0,8577
7200	288	0,9185
7400	296	0,9537
7600	304	0,9652
7800	312	1,0135
8000	320	1,0541
8200	328	1,0744
8220	329	1,1074
8240	330	1,1684

ENSAYO A COMPRESION Probetas compactadas a 5 Ton



ENSAYO A COMPRESION

PROBETA 1

Compactada a 6 Toneladas

LONGITUD	5 Cm
ANCHO	5 Cm
ESPESOR	5 Cm

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
200	8	0,0302
400	16	0,0410
600	24	0,0518
800	32	0,0605
1000	40	0,0691
1200	48	0,0756
1400	56	0,0820
1600	64	0,0928
1800	72	0,0993
2000	80	0,1036
2200	88	0,1166
2400	96	0,1274
2600	104	0,1360
2800	112	0,1425
3000	120	0,1511
3200	128	0,1598
3400	136	0,1684
3600	144	0,1792
3800	152	0,1900
4000	160	0,1943
4200	168	0,2051
4400	176	0,2116

4600	184	0,2267
4800	192	0,2483
5000	200	0,2656
5200	208	0,2785
5400	216	0,3001
5600	224	0,3131
5800	232	0,3390
6000	240	0,3735
6200	248	0,4188
6400	256	0,4620
6600	264	0,5117
6800	272	0,5398
7000	280	0,5765
7200	288	0,6153
7400	296	0,6455
7600	304	0,6844
7800	312	0,7470
8000	320	0,7945
8200	328	0,8506
8400	336	0,9931
8420	337	1,0579

ENSAYO A COMPRESION

PROBETA 2

Compactada a 6 Toneladas

LONGITUD	5 Cm
ANCHO	5 Cm
ESPESOR	5 Cm

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
200	8	0,0247
400	16	0,0494
600	24	0,0576
800	32	0,0679
1000	40	0,0741
1200	48	0,0844
1400	56	0,0967
1600	64	0,1070
1800	72	0,1173
2000	80	0,1296
2200	88	0,1420
2400	96	0,1543
2600	104	0,1728
2800	112	0,1831
3000	120	0,1913
3200	128	0,2099
3400	136	0,2222
3600	144	0,2366
3800	152	0,2551
4000	160	0,2654
4200	168	0,2716
4400	176	0,2798
4600	184	0,2901
4800	192	0,2983
5000	200	0,3086
5200	208	0,3168
5400	216	0,3271

5600	224	0,3354
5800	232	0,3415
6000	240	0,3786
6200	248	0,4012
6400	256	0,4526
6600	264	0,4711
6800	272	0,5123
7000	280	0,5514
7200	288	0,5905
7400	296	0,6131
7600	304	0,6481
7800	312	0,6769
8000	320	0,7016
8200	328	0,7386
8400	336	0,7530
8600	344	0,7962
8620	345	0,7962
8640	346	0,7962

ENSAYO A COMPRESION

PROBETA 3

Compactada a 6 toneladas

LONGITUD	5 Cm
ANCHO	5 Cm
ESPESOR	5 Cm

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
200	8	0,0391
400	16	0,0531
600	24	0,0671
800	32	0,0782
1000	40	0,0894
1200	48	0,0978
1400	56	0,1062
1600	64	0,1201
1800	72	0,1285
2000	80	0,1341
2200	88	0,1509
2400	96	0,1648
2600	104	0,1760
2800	112	0,1844
3000	120	0,1956
3200	128	0,2068
3400	136	0,2179
3600	144	0,2319
3800	152	0,2459
4000	160	0,2515
4200	168	0,2654
4400	176	0,2738
4600	184	0,2934
4800	192	0,3213
5000	200	0,3437
5200	208	0,3604
5400	216	0,3884

5600	224	0,4051
5800	232	0,4387
6000	240	0,4834
6200	248	0,5420
6400	256	0,5979
6600	264	0,6622
6800	272	0,6985
7000	280	0,7460
7200	288	0,7963
7400	296	0,8354
7600	304	0,8857
7800	312	0,9667
8000	320	1,0282
8020	321	1,1008
8040	322	1,2852

ENSAYO A COMPRESION

PROBETA 4

Compactada a 6 Toneladas

LONGITUD	5 Cm
ANCHO	5 Cm
ESPESOR	5 Cm

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
200	8	0,0414
400	16	0,0828
600	24	0,0966
800	32	0,1138
1000	40	0,1242
1200	48	0,1414
1400	56	0,1621
1600	64	0,1794
1800	72	0,1966
2000	80	0,2173
2200	88	0,2380
2400	96	0,2587
2600	104	0,2897
2800	112	0,3070
3000	120	0,3208
3200	128	0,3518
3400	136	0,3725
3600	144	0,3967
3800	152	0,4277
4000	160	0,4450
4200	168	0,4553
4400	176	0,4691
4600	184	0,4864
4800	192	0,5002
5000	200	0,5174
5200	208	0,5312
5400	216	0,5484

5600	224	0,5622
5800	232	0,5726
6000	240	0,6347
6200	248	0,6726
6400	256	0,7589
6600	264	0,7899
6800	272	0,8589
7000	280	0,9244
7200	288	0,9900
7400	296	1,0279
7600	304	1,0865
7800	312	1,1348
7840	314	1,1762
7880	315	1,2383

ENSAYO A COMPRESION

PROBETA 5

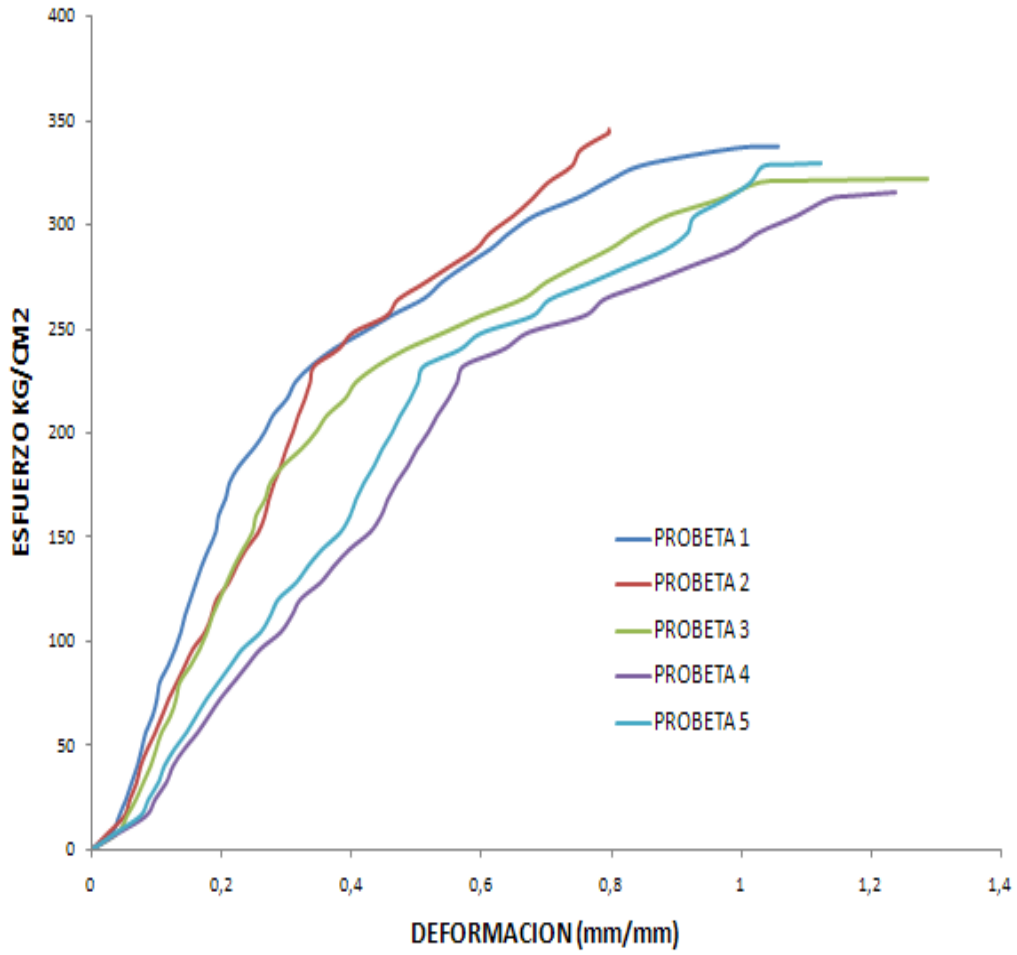
Compactada a 6 Toneladas

LONGITUD	5 Cm
ANCHO	5 Cm
ESPESOR	5 Cm

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
200	8	0,0369
400	16	0,0737
600	24	0,0860
800	32	0,1014
1000	40	0,1106
1200	48	0,1260
1400	56	0,1444
1600	64	0,1598
1800	72	0,1751
2000	80	0,1936
2200	88	0,2120
2400	96	0,2304
2600	104	0,2581
2800	112	0,2734
3000	120	0,2857
3200	128	0,3134
3400	136	0,3318
3600	144	0,3533
3800	152	0,3810
4000	160	0,3963
4200	168	0,4056
4400	176	0,4178
4600	184	0,4332
4800	192	0,4455
5000	200	0,4609
5200	208	0,4731
5400	216	0,4885

5600	224	0,5008
5800	232	0,5100
6000	240	0,5653
6200	248	0,5991
6400	256	0,6759
6600	264	0,7036
6800	272	0,7650
7000	280	0,8234
7200	288	0,8818
7400	296	0,9156
7600	304	0,9266
7800	312	0,9729
8000	320	1,0119
8200	328	1,0314
8220	329	1,0631
8240	330	1,1217

ENSAYO A COMPRESION Probetas compactadas a 6 Ton



ANEXO 3

ENSAYO A TENSION

ENSAYO A TENSION

PROBETA 1

Compactada a 5 Toneladas

AREA BRIQUETA

6 Cm ²

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
20	3	0,0254
40	7	0,0889
60	10	0,1372
80	13	0,1778
100	17	0,2235
120	20	0,2489
140	23	0,3150
160	27	0,3429
180	30	0,3835
200	33	0,4318
220	37	0,4623
240	40	0,5232
260	43	0,5715
280	47	0,6401
300	50	0,7493
320	53	0,8128
340	57	0,8509
360	60	0,9906
380	63	1,1303
400	67	1,2141
405	68	1,2421
410	68	1,2675

ENSAYO A TENSION

PROBETA 2

Compactada a 5 Toneladas

AREA BRIQUETA

6 Cm ²

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
20	3	0,0406
40	7	0,1422
60	10	0,2195
80	13	0,2845
100	17	0,3576
120	20	0,3983
140	23	0,5039
160	27	0,5486
180	30	0,6137
200	33	0,6909
220	37	0,7396
240	40	0,8372
260	43	0,9144
280	47	1,0241
300	50	1,1989
320	53	1,3005
340	57	1,3614
360	60	1,5850
365	61	1,8085

ENSAYO A TENSION

PROBETA 3

Compactada a 5 toneladas

AREA BRIQUETA

6 Cm ²

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
20	3	0,0305
40	7	0,1067
60	10	0,1646
80	13	0,2134
100	17	0,2682
120	20	0,2987
140	23	0,3780
160	27	0,4115
180	30	0,4602
200	33	0,5182
220	37	0,5547
240	40	0,6279
260	43	0,6858
280	47	0,7681
300	50	0,8992
320	53	0,9754
340	57	1,0211
360	60	1,1887
380	63	1,3564
400	67	1,4569
420	70	1,4905
425	71	1,5210

ENSAYO A TENSION

PROBETA 4

Compactada a 5 Toneladas

AREA BRIQUETA

6 Cm ²

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
20	3	0,0274
40	7	0,0960
60	10	0,1481
80	13	0,1920
100	17	0,2414
120	20	0,2688
140	23	0,3402
160	27	0,3703
180	30	0,4142
200	33	0,4663
220	37	0,4993
240	40	0,5651
260	43	0,6172
280	47	0,6913
300	50	0,8092
320	53	0,8778
340	57	0,9190
360	60	1,0698
365	61	1,2207

ENSAYO A TENSION

PROBETA 5

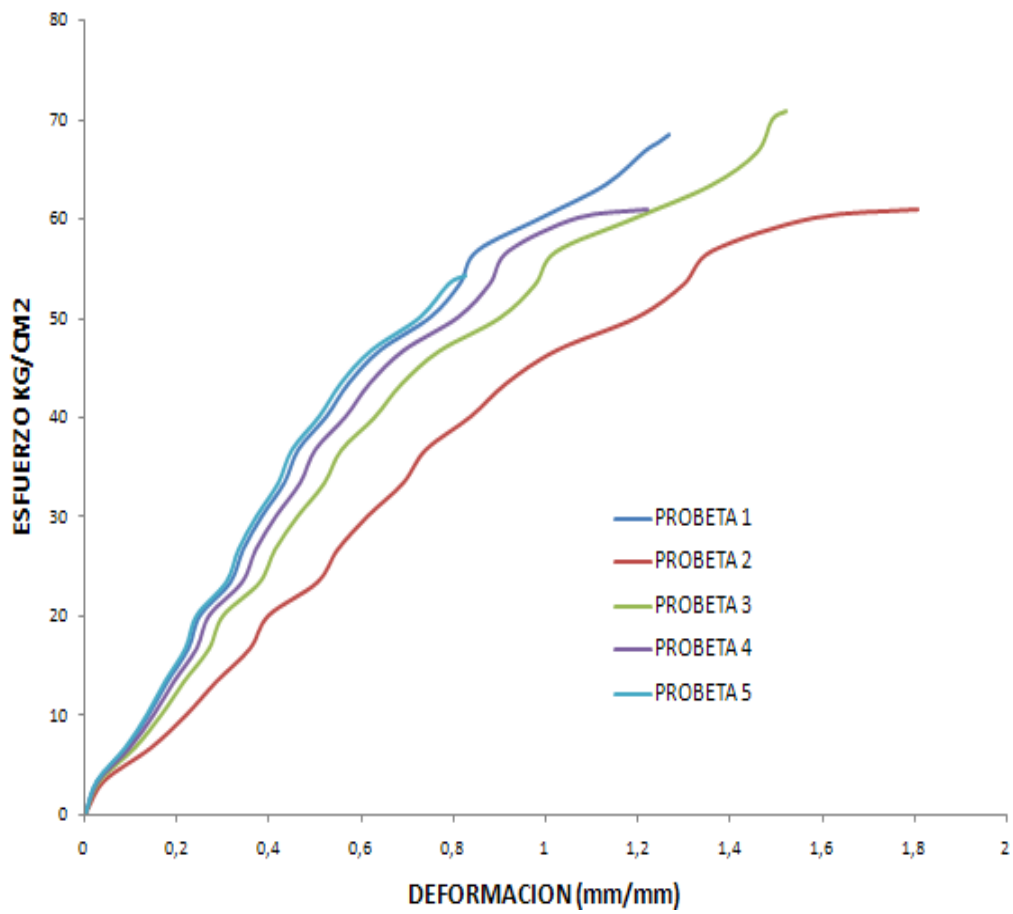
Compactada a 5 Toneladas

AREA BRIQUETA

6 Cm ²

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
20	3	0,0247
40	7	0,0864
60	10	0,1333
80	13	0,1728
100	17	0,2173
120	20	0,2420
140	23	0,3061
160	27	0,3333
180	30	0,3728
200	33	0,4197
220	37	0,4493
240	40	0,5086
260	43	0,5555
280	47	0,6222
300	50	0,7283
320	53	0,7900
325	54	0,8271

ENSAYO A TENSION Probetas compactadas a 5 Ton



ENSAYO A TENSION

PROBETA 1

Compactada a 6 Toneladas

AREA BRIQUETA

6 Cm ²

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
20	3	0,0198
40	7	0,0693
60	10	0,1070
80	13	0,1387
100	17	0,1743
120	20	0,1942
140	23	0,2457
160	27	0,2675
180	30	0,2992
200	33	0,3368
220	37	0,3606
240	40	0,4081
260	43	0,4458
280	47	0,4993
300	50	0,5845
320	53	0,6340
340	57	0,6637
360	60	0,7727
380	63	0,8816
400	67	0,9470
420	70	0,9688
440	73	0,9886
450	75	1,0540

ENSAYO A TENSION

PROBETA 2

Compactada a 6 Toneladas

AREA BRIQUETA

6 Cm ²

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
20	3	0,0325
40	7	0,1138
60	10	0,1756
80	13	0,2276
100	17	0,2861
120	20	0,3186
140	23	0,4031
160	27	0,4389
180	30	0,4909
200	33	0,5527
220	37	0,5917
240	40	0,6697
260	43	0,7315
280	47	0,8193
300	50	0,9591
320	53	1,0404
340	57	1,0892
360	60	1,2680
380	63	1,4468
400	67	1,4732
410	68	1,5240

ENSAYO A TENSION

PROBETA 3

Compactada a 6 toneladas

AREA BRIQUETA

6 Cm ²

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
20	3	0,0229
40	7	0,0800
60	10	0,1234
80	13	0,1600
100	17	0,2012
120	20	0,2240
140	23	0,2835
160	27	0,3086
180	30	0,3452
200	33	0,3886
220	37	0,4161
240	40	0,4709
260	43	0,5144
280	47	0,5761
300	50	0,6744
320	53	0,7315
340	57	0,7658
360	60	0,8915
380	63	1,0173
400	67	1,0927
420	70	1,1179
425	71	1,1407

ENSAYO A TENSION

PROBETA 4

Compactada a 6 Toneladas

AREA BRIQUETA

6 Cm ²

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
20	3	0,0219
40	7	0,0768
60	10	0,1185
80	13	0,1536
100	17	0,1931
120	20	0,2151
140	23	0,2721
160	27	0,2963
180	30	0,3314
200	33	0,3731
220	37	0,3994
240	40	0,4521
260	43	0,4938
280	47	0,5530
300	50	0,6474
320	53	0,7023
340	57	0,7352
360	60	0,8559
380	63	0,9766
400	67	1,0160
405	68	1,1024

ENSAYO A TENSION

PROBETA 5

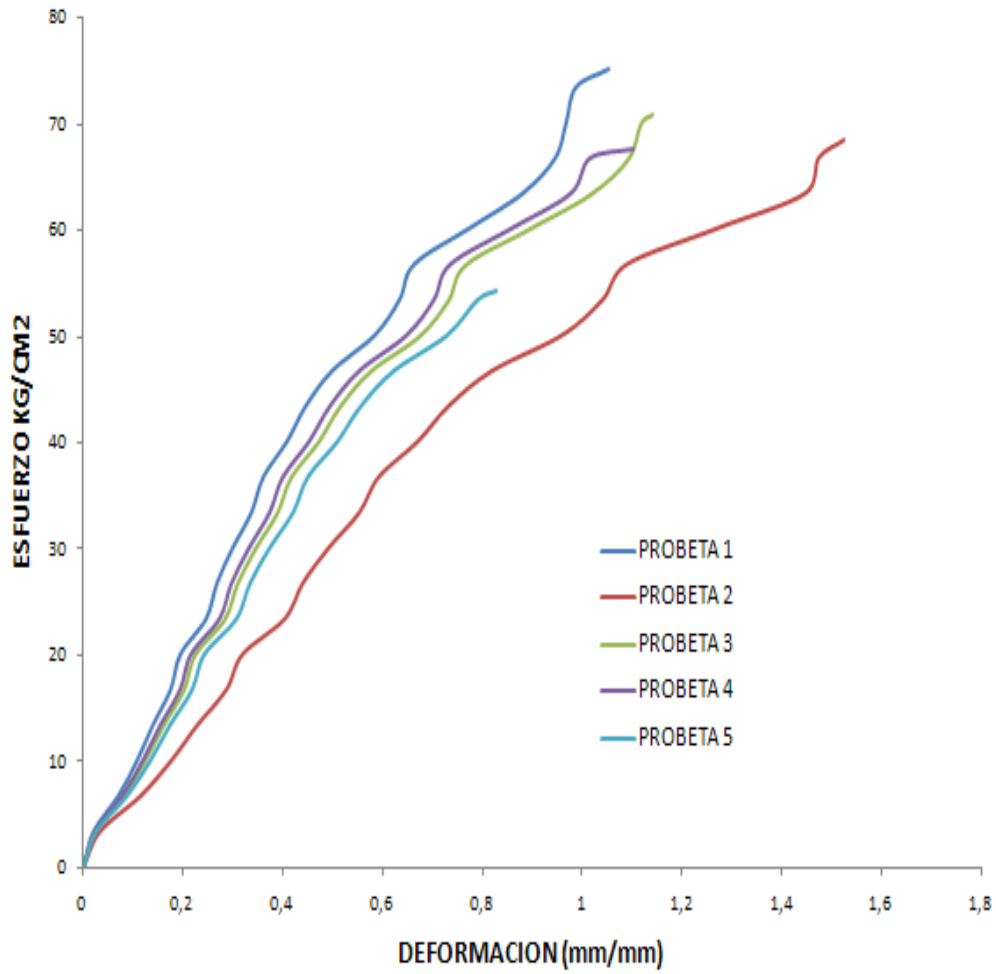
Compactada a 6 Toneladas

AREA BRIQUETA

6 Cm ²

CARGA (KG)	ESFUERZO (KG/CM2)	DEFLEXION (mm/mm)
20	3	0,0247
40	7	0,0864
60	10	0,1333
80	13	0,1728
100	17	0,2173
120	20	0,2420
140	23	0,3061
160	27	0,3333
180	30	0,3728
200	33	0,4197
220	37	0,4493
240	40	0,5086
260	43	0,5555
280	47	0,6222
300	50	0,7283
320	53	0,7900
325	54	0,8271

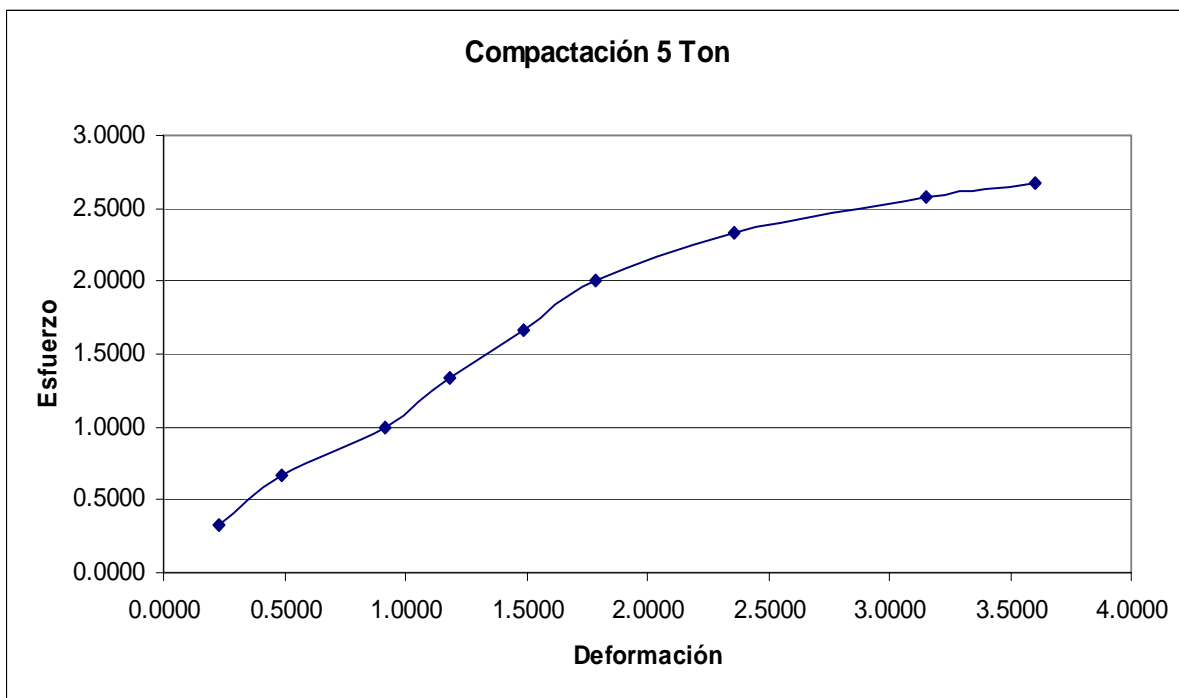
ENSAYO A TENSION Probetas compactadas a 6 Ton



ANEXO 4

ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS

ENSAYO DE FLEXIÓN

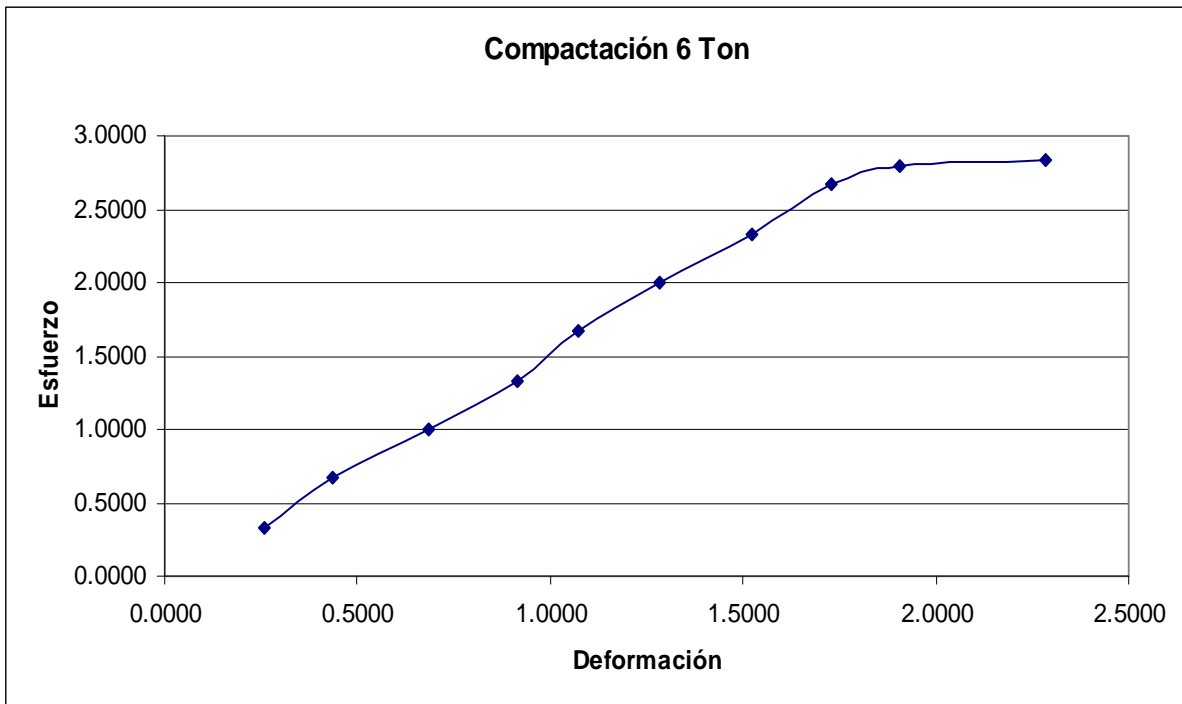


De acuerdo a lo observado en la gráfica de esfuerzo-deformación se puede concluir que:

Esfuerzo en el límite de fluencia
21.500 Kg. /cm²

Modulo de elasticidad
11.315 Kg. /cm²

ENSAYO DE FLEXIÓN

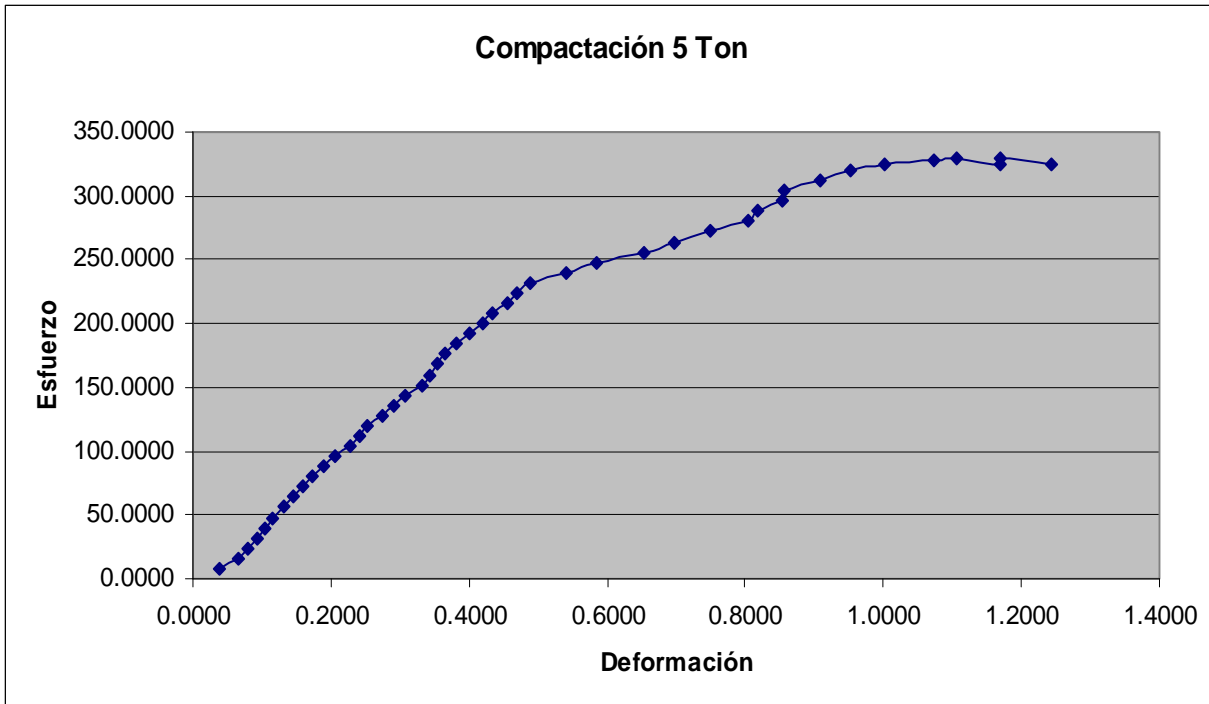


De acuerdo a lo observado en la gráfica de esfuerzo-deformación se puede concluir que:

Esfuerzo en el límite de fluencia
26.700 Kg. /cm²

Modulo de elasticidad
15.458 Kg. /cm²

ENSAYO A COMPRESIÓN

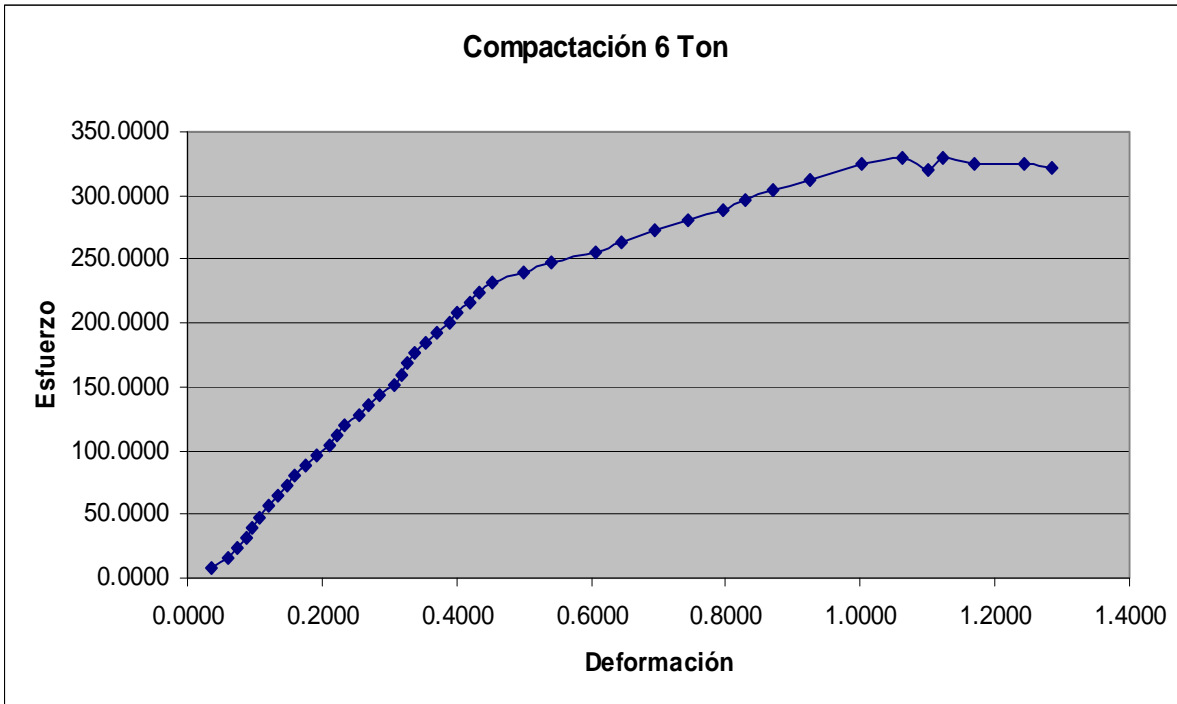


De acuerdo a lo observado en la gráfica de esfuerzo-deformación se puede concluir que:

Esfuerzo en el límite de fluencia
232.000 Kg/cm²

Modulo de elasticidad
475.32 Kg/cm²

ENSAYO A COMPRESIÓN

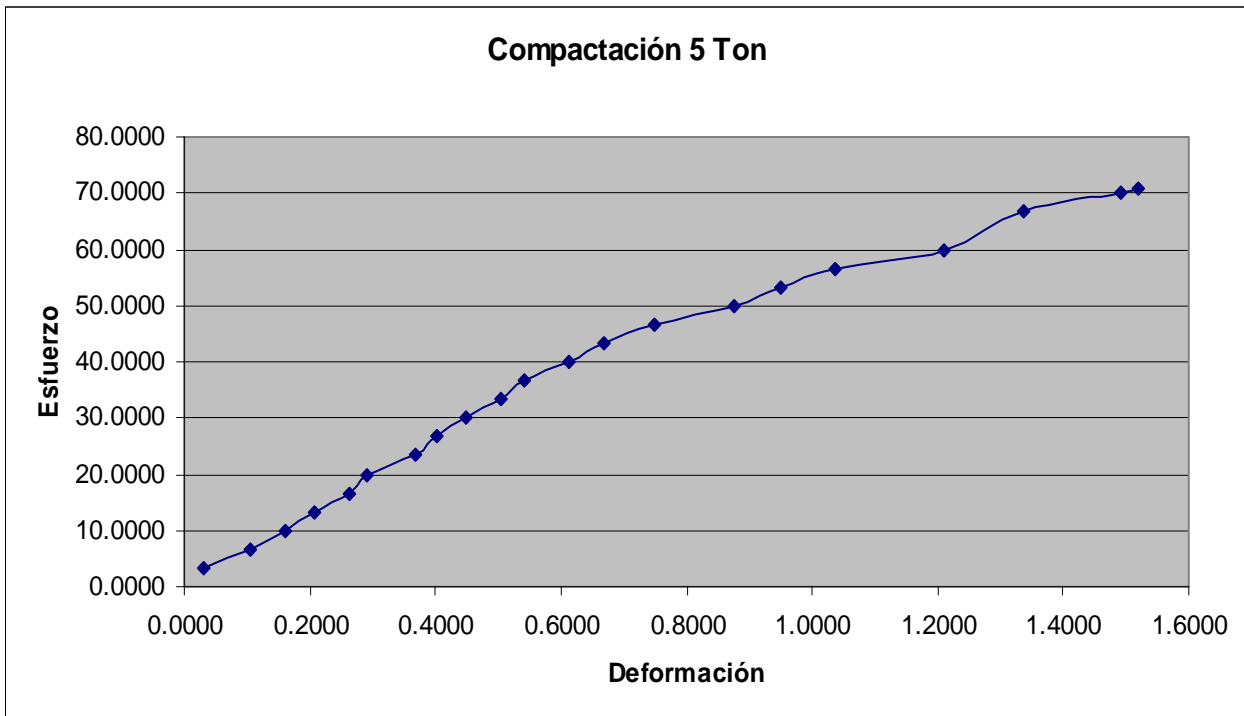


De acuerdo a lo observado en la gráfica de esfuerzo-deformación se puede concluir que:

Esfuerzo en el límite de fluencia
232.000 Kg/cm²

Modulo de elasticidad
512.91 Kg/cm²

ENSAYO A TENSIÓN

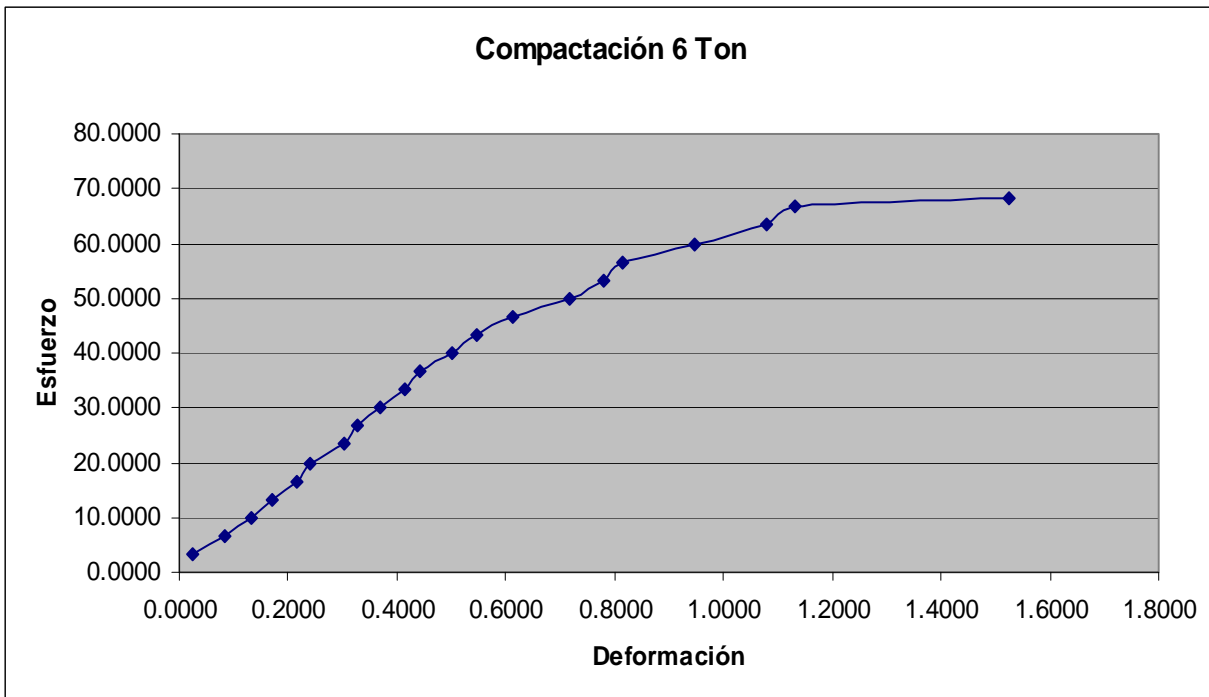


De acuerdo a lo observado en la gráfica de esfuerzo-deformación se puede concluir que:

Esfuerzo en el límite de fluencia
43.33 Kg/cm²

Modulo de elasticidad
64.78 Kg/cm²

ENSAYO A TENSIÓN



De acuerdo a lo observado en la gráfica de esfuerzo-deformación se puede concluir que:

Esfuerzo en el limite de fluencia
43.33 Kg/cm²

Modulo de elasticidad
79.04 Kg/cm²

ANEXO 5

PRUEBAS DE ENSAYO Y ERROR PARA LA FABRICACIÓN DE PROBETAS

PROBETAS EN MATERIAL DE 3/8"



Fuente: José Antonio González Carreño.

Las probetas fabricadas en este tamaño de material hace que el polietileno pierda sus propiedades de aglomerante y no se conforme una matriz compacta al momento de proporcionar la temperatura necesaria a la probeta.

PROBETAS EN MATERIAL DE 5/8"



Fuente: José Antonio González Carreño.

Las probetas fabricadas en tamaños mayores a 1/2" no permiten la compactación adecuada, restringiendo la aglomeración del material.

PROBETAS FABRICADAS EN MOLDES DE COBRE SIN TAPA



La fabricación de las probetas en este tipo de moldes no permite que el material este en permanente contacto con una superficie metálica para conservar la temperatura y la compactación inicial.

APARATO UTILIZADO PARA MEDIR TEMPERATURAS



Temperatura máxima permitida por el lector digital de 600 grados centígrados