



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

APROVECHAMIENTO DE LAS PROPIEDADES AGLUTINANTES  
DEL ARROCILLO (*Oryza sativa*) Y FIBRAS VEGETALES EN LA ELABORACIÓN  
DE EMPAQUES ALIMENTARIOS ECOLÓGICOS

AUTOR

OSCAR SEBASTIAN SARASTY MIRANDA

AÑO

2017



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

APROVECHAMIENTO DE LAS PROPIEDADES AGLUTINANTES DEL  
ARROCILLO (*Oryza sativa*) Y FIBRAS VEGETALES EN LA ELABORACIÓN  
DE EMPAQUES ALIMENTARIOS ECOLÓGICOS

Trabajo de titulación en conformidad con los requisitos establecidos para optar  
por el título de Ingeniero Agroindustrial y de Alimentos

**Profesor guía**

MSc. Evelin Alexandra Tamayo Gutiérrez

**Autor**

Oscar Sebastián Sarasty Miranda

**Año**

2017

## **DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA**

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

---

Evelin Alexandra Tamayo Gutiérrez

Magister en Gestión de Proyectos Socio Productivos

CI: 1713985198

## **DECLARACIÓN PROFESOR CORRECTOR**

Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento con todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

---

María Elizabeth Mosquera Quelal

Ingeniera Agropecuaria

CI: 1715044192

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

Yo, Oscar Sebastián Sarasty Miranda declaro que este trabajo es original, de mi autoría. A lo largo de su ejecución se han citado las fuentes correspondientes y se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

---

Oscar Sebastián Sarasty Miranda

CI: 1715425664

## **AGRADECIMIENTO**

Primero, agradezco a mis padres, mi hermana y mi abuela por el apoyo brindado durante toda mi vida, son mi fuerza y el apoyo incondicional en todo momento.

Agradezco a mi tío Iván Villacis y mi prima Karolina Echeverría por brindarme la oportunidad de trabajar y brindarme las facilidades para terminar con mis estudios. A John Jurado, que siempre estuvo dispuesto a brindarme la mano ante cualquier necesidad.

Agradezco a mi novia y amigos, por su apoyo, ayuda y paciencia durante este año.

Agradezco a mi profesora guía Evelin Tamayo por darme la oportunidad y confianza cuando la necesitaba y así realizar mi proyecto de titulación. A Pablo Moncayo por apoyar mis decisiones y creer en mi potencial a lo largo de mi vida universitaria.

## **DEDICATORIA**

A mi padre Oscar, siempre serás mi ejemplo como persona, padre y profesional.

A mi madre Lorena, mi mejor amiga y a mi hermana María Cristina que es mi compañera de vida.

## Resumen

El presente estudio fue realizado en la ciudad de Quito, este proyecto propone generar alternativas a los empaques secundarios convencionales elaborados a partir de cartón y subproductos del petróleo. Se realizaron aglomerados utilizando arrozillo como aglutinante natural y fibras vegetales de banano, coco y caña. El primer paso fue realizar pruebas para seleccionar la variedad de arrozillo que presente las mejores características en cuanto a su porcentaje de almidón y sólidos hidrosolubles. En el caso del almidón no se presentaron valores significativos, los sólidos hidrosolubles fueron el factor determinante al presentar valores altamente significativos y al ser los principales responsables al momento de generar el poder aglutinante. La variedad seleccionada para la elaboración de aglomerados fue la INIAP 15 ya que cumple con las mejores cualidades aglutinantes. Una vez seleccionada la variedad de arrozillo se elaboraron aglomerados con diferentes composiciones los cuales fueron sometidos a pruebas físicas de tracción, densidad y dureza. Estos parámetros físicos mostraron que los aglomerados en base a coco y banano presentan mejores características que pueden ser comparadas con las propiedades de los materiales presentes en el mercado que son destinados a la elaboración de empaques alimentarios secundarios. Una vez obtenidos los datos físicos se hicieron pruebas de resistencia de producto, tras un mes de mantener las muestras dentro de los empaques elaborados estas fueron analizadas en contraste de un testigo, se demostró que las cualidades de color y dureza se conservaron como en su empaque original. Los costos de producción del empaque se ubican entre \$0.14 y \$0.37, estos costos son altos en comparación a los empaques realizados a partir de cartón y espuma de poliuretano, la diferencia y principal beneficio que presentaron los empaques elaborados son su relación benéfica con el ambiente al no utilizar químicos en su elaboración que afectan al medio y a su vez el poder ser reutilizables alargando el tiempo de uso a comparación de otros empaques.

## Abstract

The present study was developed in the city of Quito, the project tries to generate an alternative to the conventional secondary food packages that are composed of oil and carton. An agglomerate was developed using rice as natural glue and vegetable fiber of banana, coconut and sugar cane. The first step was to find the the percentage of starch and the water soluble solids in three varieties of rice. The percentage of starch in the three varieties of rice didn't present a significant difference, the water soluble solids was the determinate factor because it presented a highly significant difference. The variety of rice that was chosen was INIAP 15. Once the variety of rice was chosen, the step two was to create different compositions of rice and vegetable fiber to elaborate the agglomerates that were subjected to test of hardness, traction and density. This physical parameters showed that the agglomerates with better characteristics were the ones created with coconut and banana. The agglomerates were compared with other materials like carton, paper and polyurethane foam the principal material destined to the manufacturing of secondary food packages. A chocolate was selected to be inside the developed packages to make create a comparison between the ones created and the original package. After that month was proved that the chocolate inside the agglomerate and the chocolate inside the original package maintain the same properties of color and hardness. The crafting costs vary between \$0.14 and \$0.37, those are higher if they were compared with packages made of paper, carton and foam. The benefit that present the use of the crafted packages are that they doesn't require any chemical in the elaboration of the package so they are environment friendly and they can be reused something the conventional packages can't do.

## ÍNDICE

1. CAPÍTULO I: Introducción.....	1
1.1. Alcance .....	1
1.2. Problemática .....	1
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos .....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos.....	3
1.5. Hipótesis.....	3
1.5.1. Hipótesis General .....	3
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	4
2. CAPÍTULO II: Revisión de Literatura .....	4
2.1. Arroz .....	4
2.1.1. Consumo mundial y nacional de arroz.....	6
2.1.2. Producción mundial y nacional de arroz .....	6
2.1.3. Exportación de arroz nacional.....	7
2.1.4. Precio y comercialización de arroz a nivel nacional y mundial	8
2.1.5. Usos del arroz.....	8
2.1.6. Almidón de arroz.....	9
2.2. Caña .....	10
2.2.1. Producción de Caña en el Ecuador y el mundo .....	10

2.2.2.	Usos de la caña de azúcar .....	11
2.2.3.	Bagazo de la caña de azúcar.....	11
2.3.	Coco.....	12
2.3.1.	Producción de coco en el Ecuador y a nivel mundial ....	12
2.3.2.	Usos del Coco .....	13
2.3.3.	Estopa de Coco .....	13
2.4.	Banano.....	14
2.4.1.	Producción de Banano en el Ecuador y a Nivel Mundial	14
2.4.2.	Usos del Banano .....	15
2.4.3.	Fibra de Banano .....	15
2.5.	Empaque.....	15
2.6.	Aglomerado.....	16
2.6.1.	Elaboración de aglomerados.....	16
2.6.2.	Normativas para aglomerados .....	17
2.6.3.	Aglomerados y sus usos.....	18
3.	CAPÍTULO III: Metodología .....	18
3.1.	Introducción a la metodología.....	18
3.2.	Procedimientos.....	19
3.2.1.	Obtención de Sólidos solubles .....	19
3.2.2.	Obtención de Almidón.....	20
3.2.3.	Elaboración del Aglomerado .....	20
3.3.	Diseño experimental.....	21
3.3.1.	Identificación de variables:.....	21
3.3.1.1.	Variables independientes .....	21

3.3.1.2.	Variables dependientes.....	21
3.3.1.3.	Operacionalidad de Variables.....	21
3.3.2.	Unidad de análisis: .....	23
3.3.3.	Población de estudio.....	23
3.3.4.	Tamaño de muestra.....	24
3.3.5.	Selección de la muestra.....	24
3.3.6.	Técnica de recolección de datos.....	24
3.4.	Análisis e interpretación de la información: .....	26
4.	<b>CAPÍTULO IV: Resultados y Discusión .....</b>	<b>27</b>
4.1.	Análisis resultados de arroz .....	27
4.1.1.	Análisis resultados obtenidos de almidón en arrocillo ...	27
4.1.2.	Análisis resultados obtenidos de sólidos hidrosolubles en arrocillo	29
4.2.	Análisis de resultados de los aglomerados elaborados .....	30
4.2.1.	Análisis de dureza en aglomerados .....	30
4.2.2.	Análisis de tracción en aglomerados.....	32
4.2.3.	Análisis de densidad en aglomerados.....	34
4.3.	Análisis de resultados en pruebas de vida útil de productos	36
4.3.1.	Análisis de resultados obtenidos con colorímetro .....	36
4.3.2.	Análisis de resultados obtenidos con penetrómetro .....	39
5.	<b>CAPÍTULO V: Análisis Beneficio/Costo .....</b>	<b>41</b>
4.4.	Costo de arrocillo .....	41

4.5. Obtención de fibras .....	41
4.5.1. Fibra de Coco .....	41
4.5.2. Fibra de Banano .....	44
5.1.3. Fibra de Caña .....	46
5.2. Beneficios.....	49
6. Conclusiones y Recomendaciones .....	50
6.1. Conclusiones.....	50
6.2. Recomendaciones.....	52
Referencias .....	53
Anexos .....	58

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación Taxonómica del Arroz.....	5
Tabla 2: Variables dependientes .....	22
Tabla 3. Promedio del contenido obtenido de almidón (n=5) en variedades de arrozillo .....	28
Tabla 4. Promedio del contenido de almidón (n=5) en arrozillo .....	28
Tabla 5. Análisis de varianza en el promedio de solidos hidrosolubles en el arrozillo (n=5).....	29
Tabla 6. Contenido de solidos hidrosolubles en arrozillo analizado mediante Tukey .....	30
Tabla 7. Análisis de varianza de los promedios (n=5) de la dureza en KgF de aglomerados.....	31
Tabla 8. Promedio de dureza (n=5) obtenido mediante Tukey en KgF de aglomerados .....	31
Tabla 9. Dureza en KgF de materiales.....	32
Tabla 10. Análisis de varianza de los promedios (n=5) de ruptura en KgF de aglomerados .....	33
Tabla 11. Tracción (N) promedio (n=5) obtenida mediante Tukey en Aglomerados.....	33
Tabla 12. Tracción (N) de materiales .....	34
Tabla 13. Análisis de varianza de los promedios (n=5) de la densidad de aglomerados.....	34
Tabla 14. Promedio (n=5) del rango de Densidad (g/cm <sup>3</sup> ) obtenido por Tukey de los Aglomerados .....	35
Tabla 15. Densidad (g/cm <sup>3</sup> ) de materiales.....	35
Tabla 16. Análisis de varianza del promedio (n=5) indicador L* .....	37
Tabla 17. Análisis de varianza del promedio (n=5) indicador c* .....	37
Tabla 18. Análisis de varianza del promedio (n=5) indicador a* .....	37
Tabla 19. Análisis de varianza del promedio (n=5) indicador h* .....	38
Tabla 20. Análisis de varianza del promedio (n=5) indicador b* .....	38
Tabla 21. Promedios (n=5) obtenidos con el colorímetro .....	39

Tabla 22. Análisis de varianza de los promedios (n=5) de la dureza en KgF de muestras .....	40
Promedio de dureza (n=5) en KgF analizado mediante Tukey de muestras.....	40
Tabla 24. Análisis de costo de kg de arrocillo .....	41
Tabla 25. Análisis de costo de kg de fibra de coco .....	42
Tabla 26. Costo de elaboración de 1 kg de aglomerado 70% coco / 30% arrocillo.....	42
Tabla 27. Costo de producción de 1 kg de aglomerado de 60% coco / 40% arrocillo.....	43
Tabla 28. Costo de kg de fibra de Banano .....	44
Tabla 29. Costo de producción de 1 kg de aglomerado de 70% banano / 30 % arrocillo.....	45
Tabla 30. Costo de producción de 1 kg de aglomerado de 60% banano / 40 % arrocillo.....	46
Tabla 31. Costo de kg de fibra de caña.....	47
Tabla 32. Costo de producción de 1 kg de aglomerado caña 50% / arrocillo 50%	
Tabla 33. Costo de producción de 1 kg de aglomerado caña 60% / arrocillo 40%.....	48

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Balance de masas en la elaboración de aglomerado de coco 70% arrocillo 30%.....	42
Figura 2. Balance de masas en la elaboración de aglomerado de coco 60% arrocillo 40%.....	43
Figura 3. Balance de masas en la elaboración de aglomerado de banano 70% arrocillo 30%.....	45
Figura 4. Balance de masas en la elaboración de aglomerado de banano 60% arrocillo 40%.....	46
Figura 5. Balance de masas en la elaboración de aglomerado de caña 50% arrocillo 50%.....	47
Ilustración 6. Balance de masas en la elaboración de aglomerado de caña 50% arrocillo 50%.....	48
Anexo 1. Prueba de densidad de aglomerado .....	60
Anexo 2. Esquema de equipo para medición de tracción .....	60
Anexo 3. Prueba de dureza en muestras .....	61
Anexo 4. Obtención de indicadores de las muestras con el colorímetro .....	61
Anexo 5. Empaque secundario armado .....	62
Anexo 6. Vista isométrica de planos de empaques .....	62
Anexo 15. Vista superior de planos de empaques .....	63
Anexo 16. Vista lateral de plano de aglomerados .....	63
Anexo 17. Vista frontal de plano de aglomerado.....	64

# 1. CAPÍTULO I: Introducción

## 1.1. Alcance

El siguiente trabajo de titulación se basa en el uso del arrocillo, subproducto del arroz (*Oryza sativa*), como aglutinante en la elaboración de aglomerados. Existen formulaciones ya usadas y probadas en la elaboración de aglomerados funcionales por lo que se quiere darles usos como empaques alimentarios. (FAO, Arroz y nutrición Humana, 2004)

Estos aglomerados fueron sujetos a pruebas que determinaron sus propiedades físicas de compresión, tracción, flexión, dureza y pruebas de contenido microbiológico que sirvieron para demostrar que estos pueden ser utilizados como empaques alimentarios secundarios. Se espera generar un solo tipo de empaque amigable con el ambiente que utilice como materia prima los desechos de piladoras generando valor agregado a los desperdicios y evitando la producción de desechos dentro y fuera de la industria.

## 1.2. Problemática

El arroz es un cereal no explotado industrialmente puesto que está dirigido a la alimentación humana y los altos costos de industrialización impiden que se genere un valor agregado por parte del pequeño productor. (Mendez, 2008) Los desperdicios generados en el proceso de secado y pulido suelen ser desechados en el caso de no ser comercializados. La soberanía alimentaria a su vez impide que el arroz pueda ser utilizado para la elaboración de productos que no tengan como objetivo final la alimentación humana o animal (Polo, 2016).

### 1.3. Justificación

El arrocillo utilizado como aglutinante en la elaboración del empaque es considerado un subproducto de desperdicio generado en el secado y blanqueamiento del arroz, tiene como principal propósito alimentar a los seres humanos o al ganado (Mendez, 2008).

En el proceso de secado y pulido del arroz los subproductos generados son impurezas del 1 al 2,5%, polvillo de arroz o salvado del 3 al 5%, arrocillo del 5 al 10%, cascarilla entre 40 y 50% y arroz blanco pulido entre el 30 al 45% (Vargas C. , 2016). Estos valores permiten que la obtención de la materia prima sea de fácil acceso por sus volúmenes de producción.

Tomando eso en cuenta se recurre al protocolo de Kyoto, este plantea evitar el uso de productos procedentes del petróleo o que a su vez contribuyan con la creación de desperdicios que afecten el medio ambiente (ONU, 1998). Como ocurre con los subproductos del maíz que se destinan a la elaboración de biocombustibles el uso de los subproductos del arroz para la elaboración de aglomerados se sustenta en la conservación del ambiente sobre la alimentación humana y animal puesto que el arrocillo es un subproducto y no un producto final para de alimentación humana o animal (Fernandez, 2011).

Este proyecto, al utilizar subproductos y desechos, permite la conservación del ambiente al generar un empaque alimentario ecológico que conservar las propiedades organolépticas del chocolate. Las alternativas de empaques ecológicos en el mercado son escasas debido a la falta de interés del consumidor o su costo de fabricación. Al generar un empaque con materiales de desperdicio que no son explotados, aparecerán nuevas fuentes de ingresos para los productores y las industrias a la vez que se generan nuevas plazas de trabajo (Selke, 2007).

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

- Aprovechar las propiedades aglutinantes del arrocillo de arroz (*Oryza sativa*) en la elaboración de aglomerados para uso como empaques alimentarios ecológicos

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Analizar las propiedades aglutinantes del arrocillo de las variedades de arroz: INIAP 9, INIAP 14 e INIAP 15.
- Elaborar aglomerados ecológicos en base a la utilización de fibras vegetales y arrocillo de la variedad con mejores características aglutinantes obtenidas.
- Determinar las propiedades físicas del aglomerado al ser utilizado como empaque alimentario secundario.
- Analizar beneficio/costo del producto obtenido

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis General**

Hipótesis alternativa: Las propiedades aglutinantes del arrocillo pueden ser aprovechadas para la elaboración de empaques alimentarios ecológicos.

Hipótesis nula: Las propiedades aglutinantes del arrocillo no pueden ser aprovechadas para la elaboración de empaques alimentarios ecológicos.

### 1.5.2. Hipótesis Específicas

- Hipótesis alternativa 1: Existe variación entre las propiedades aglutinantes de las diferentes variedades de arroz.

Hipótesis nula 1: No existe variación entre las propiedades aglutinantes de las diferentes variedades de arroz.

- Hipótesis alternativa 2: Es factible elaborar aglomerados en base a fibras vegetales y arrozillo.

Hipótesis nula 2: No es factible elaborar aglomerados en base a fibras vegetales y arrozillo

- Hipótesis alternativa 3: Las propiedades del aglomerado elaborado cumplen con las características mínimas para ser utilizado como empaque alimentario secundario.

Hipótesis nula 3: Las propiedades del aglomerado elaborado no cumplen con las características mínimas para ser utilizado como empaque alimentario secundario.

## 2. CAPÍTULO II: Revisión de Literatura

### 2.1. Arroz

La lengua española define al arroz como el grano ovalado alto en almidón de una planta anual de terrenos altos en humedad (Española, 2016). El arroz inicia su producción como cultivo en Asia donde se cree que su domesticación fue

en China por hallazgos arqueológicos que datan desde hace aproximadamente hace 1000 años. El arroz es una gramínea que presenta alrededor de 24 variedades que son cultivadas actualmente alrededor del mundo. La producción del arroz es constantemente comparada con el trigo puesto que son los dos cereales de mayor consumo humano siendo el trigo el más cultivado y el arroz el que mayor aporte calórico ofrece por hectárea. (Acevedo, 2006)

La clasificación taxonómica del arroz es:

Tabla 1  
Clasificación Taxonómica del Arroz

<b>Clasificación</b>	<b>Nombre</b>
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Monocotiledones
Orden	Cyperales
Familia	Pnacea
Género	Oryza
Especie	Sativa

El cultivo de este cereal está distribuido en los cinco continentes con una mayor concentración en el continente asiático. Se estima que alrededor del 72% de la oferta mundial del arroz se encuentra concentrada en Asia especialmente en China y la mayor demanda del mismo se encuentra concentrada en Asia.

Al arroz es considerado como una de las fuentes de alimentación humana y animal ya que el consumo mundial es de 58 kg/hab/año con un crecimiento del 2,5% anual y la mayoría de sus desperdicios son repartidos en la elaboración de subproductos y alimentación animal (Mendez, 2008).

El arroz está compuesto por un 77% de carbohidratos, esto convierte al cereal en un alimento de gran aporte para la dieta humana (Boerma, 2008). La soberanía alimentaria mantiene que mientras un producto sea de aporte nutricional su principal fin será el de alimentación humana. Esto ha permitido

que el desarrollo de técnicas en el uso de los productos de desperdicio de bajo valor económico como el arrocillo, la cascarilla y el germen sean destinados a la elaboración de productos con valor agregado tales como alimentos para ganado, extracción de almidón, polvos para cosméticos o producción de aceites (Mendez, 2008).

### **2.1.1. Consumo mundial y nacional de arroz**

Se estima que el consumo de cereales a nivel mundial es de 225 kg/hab/año, (FAO, FAO, 2015) siendo el arroz el cereal más representativo en la alimentación humana seguido por el trigo. Se estima que el arroz es la principal fuente de aporte de carbohidratos a la dieta del 60% de la población mundial y en casos representa dos tercios del aporte calórico diario en países de escasos recursos económicos y déficit alimentario. (Polo, 2016). El consumo a nivel mundial de arroz es de 54,4 kg/hab/año (FAO, 2016) y en el Ecuador se estima que su consumo rodea los 58 kg/habitante al año, esto hace que el Ecuador sea uno de los países con mayor consumo de arroz en la comunidad andina (Mendez, 2008).

A diferencia de la demanda de trigo, la demanda de arroz se concentra principalmente en la obtención del grano para su cocción, esta es la mayor diferencia con el trigo ya que ambos cereales son sometidos a tratamientos mecánicos para su consumo con la diferencia que el trigo está destinado a la obtención de harinas para la elaboración de productos y no para su consumo en grano.

### **2.1.2. Producción mundial y nacional de arroz**

La producción a nivel mundial de arroz se encuentra en constante crecimiento al ser fuente de carbohidratos y fácil producción. La producción de este grano

se concentra principalmente en el continente asiático. Los mayores productores mundiales de arroz son China con 146.5 millones de toneladas e India con 105 millones de toneladas estimadas para el 2016 (Arroz, 2016). En comparación con el año 2015, el arroz presenta un crecimiento del 2,17% en la producción anual y una mayor aceptación en el mercado por el crecimiento en sus superficies cultivadas. Actualmente, se estima alrededor de 165 millones de hectáreas a nivel mundial están dedicadas al cultivo de arroz.

El Ecuador se encuentra en el puesto 26 de los países productores de arroz, la producción de arroz en el Ecuador se concentra principalmente en las provincias de la costa del país y en mayor presencia en las provincias de Guayas, Manabí y Los Ríos. El arroz, al ser un cultivo con variedades de invierno y de verano ocupa alrededor de 412 mil hectáreas en la costa ecuatoriana. En el año 2012 se obtuvo una producción de 728 mil ha métricas de arroz (Agro, 2013).

Actualmente el Ecuador cuenta con sus propias variedades de semilla que son desarrolladas principalmente por el INIAP, se estima que ha existido un crecimiento del 20% en el año 2015 en el uso de semilla certificada. El uso de la semilla certificada para la producción de arroz permite la obtención de granos de mayor uniformidad y gusto para la industria y el consumidor. En el año 2015 el precio del saco de 200 libras de arroz alcanzo el precio de \$34 en el mercado nacional (Barona, 2015).

### **2.1.3. Exportación de arroz nacional**

El Ecuador es un país exportador de arroz debido al volumen de producción. En el Ecuador se importan únicamente variedades de arroz con fragancias o especializados como son el arroz jazmín y el basmati. En el 2011 Ecuador registró 60 mil toneladas de arroz para su exportación, un valor bajo a comparación de anteriores debido a las pérdidas de cosechas por alteraciones en el clima (Agro, 2013). En el año 2012, se produjo importación de arroz a Ecuador debido a pérdidas en los cultivos. En 2015 se esperaba un excedente

aproximado de 25% que representaba 80 mil toneladas de arroz blanco ya procesado, este arroz sería destinado a Colombia, Perú y Venezuela (Pasquel, 2015). Para final del 2015 no se logró exportar los volúmenes de arroz deseados por factores climáticos y perdidos en cosecha por plagas.

#### **2.1.4. Precio y comercialización de arroz a nivel nacional y mundial**

El precio del arroz en el Ecuador es un variante según la estación y los volúmenes cosechados. En el año 2011 el valor del quintal de arroz en cáscara alcanzó un precio de \$31 (Agro, 2013); en el año 2014 el costo del arroz en cáscara termino en \$38 el quintal. Actualmente, el precio del arroz en cascara varía entre los \$41 a \$44 debido a que varios productores pararon la siembra por temor al fenómeno del niño (Villon, 2015). El Ecuador es un país que anualmente completa su demanda local de arroz pilado, únicamente importa arroces procesados en niveles bajos y los excedentes de producción tienen como prioridad la exportación.

#### **2.1.5. Usos del arroz**

El arroz es el alimento predominante en la dieta de 17 países de Asia y América latina (FAO, Arroz y nutrición Humana, 2004). Los principales productos a los que está dirigida la producción del arroz es para el consumo en grano pulido o integral (Polo, 2016), a su vez se elaboran productos para consumo humano como fideos, bebidas no alcohólicas, bebidas alcohólicas y como ingrediente para alimentos elaborados como barras energéticas o cerveza. De los subproductos del arroz como el arrocillo, cascarilla, germen y salvado del arroz se elaboran productos como el almidón de arroz, pudines, natillas, el salvado de arroz, abonos orgánicos y polvillo de arroz para uso en cosméticos. (Polo, 2016)

### 2.1.6. Almidón de arroz

El almidón es un polisacárido generado únicamente por plantas resultado de la unión de amilopectina y amilosa, se necesitan alrededor de 2000 a 3000 moléculas de glucosa en forma de cadenas o gránulos para formar almidón el cual sirve de reserva energética para las plantas, en los seres humanos el almidón es una fuente energética. Es insoluble en agua pero al entrar en contacto con la misma se dispersa formando una suspensión (Lopez & Diaz, 2012).

El almidón de arroz es un almidón nativo, estos son los que no ha sufrido ningún cambio químico para su obtención a diferencia de los almidones modificados, este almidón presenta gránulos poliédricos con ángulos agudos y gránulos de aproximadamente 3-8  $\mu$  de diámetro. El almidón de arroz tiene la tendencia a endurecerse en contacto con ambiente húmedo, posee una gran capacidad para la absorción de agua y aceite, a su vez tiene propiedades bactericidas por presencia de formaldehído en su estructura (Lopez & Diaz, 2012).

Para que el almidón sufra un proceso de gelificación se debe producir una hidratación. En la hidratación se modifican los niveles de agua y de temperatura, estos efectos son los que producen la síntesis de una pasta, en esta pasta los gránulos de almidón se hinchan y la amilosa se disuelve, esto genera una alta viscosidad. En el caso de calentar dicha pasta esta reducirá su viscosidad y su humedad formando un producto con mayor maleabilidad hasta regresar a temperatura ambiente en la que se solidifica (Ramirez, 2015).

Mientras el arroz tenga una menor presencia de sólidos hidrosolubles, este tiende a generar un menor poder gelificante a diferencia de las variedades con altos sólidos solubles. Entre los sólidos solubles que aporta la propiedad gelificante se encuentra la amilosa que es la de mayor importancia en cuanto a esta cualidad (Dacosta, 2008) El arroz al ser un cereal con presencia de gluten

aun en bajas cantidades, presenta unión entre proteínas que serán entre varias características que permitan resistencia al producto. (Freile, 2014)

## **2.2. Caña**

Se estima que la domesticación de la caña de azúcar como cultivo inicio 3000 a.C. en áreas del sur de África, se dice que la caña fue introducida en América por Cristóbal Colón en 1491. La caña de azúcar es una gramínea que alcanza hasta los 2 metros de altura de la que se extrae el líquido en su interior para la elaboración de panela y azúcar (Procaña, 2015).

### **2.2.1. Producción de Caña en el Ecuador y el mundo**

La caña de azúcar es considerada en Ecuador uno de los cultivos con mayor impacto social al ser un alto generador de fuentes de trabajo en el cultivo y en la industria. Actualmente se estima que en el país se encuentran sembradas 110 mil hectáreas de caña de azúcar de las cuales 74 mil están destinadas a la producción de azúcar refinada lo que corresponde al 80% de la producción total mientras que el 20% restante está destinado a la producción de panela. (Pilco, 2015)

En el Ecuador se producen alrededor de 10 millones de sacos de 50 kg de azúcar refinada anualmente siendo los tres mayores productores los ingenios como Ecuador con 3 276 049 sacos de 50 kg, seguido está el ingenio San Carlos con 3 197 650 sacos de 50 kg y el ingenio Valdez con 3 159 765 sacos de 50 kg. La demanda del país se cubre con el 10% de la producción anual por lo que la caña procesada como azúcar es un producto de exportación o se utiliza para la elaboración de biocombustibles (Pilco, 2015).

El mayor productor a nivel mundial de azúcar es Brasil que cubre alrededor del 20% de la producción mundial de caña de azúcar seguido de India y la Unión Europea. Se estima que el consumo mundial de caña de azúcar crezca en 1.9% anual mientras que la superficie de siembra se mantiene estable y sin posibles incrementos gracias a la caída del precio del azúcar en el mercado. Los principales consumidores de palma a nivel mundial son el Asia y los países sudamericanos (OCDE, 2015).

### **2.2.2. Usos de la caña de azúcar**

El principal fin de la caña es la obtención del líquido dentro de ella para la elaboración de azúcar o panela por lo que sus usos industriales fuera del área alimenticia son reducidos por falta de investigación. Otros productos que se desarrollan a partir de la caña de azúcar son biocombustibles, jarabes y melazas. En el proceso de industrialización de la caña alrededor del 71 al 74% del proceso total es lo que se utiliza para la elaboración de productos mientras que el otro 26 al 29% que corresponde al bagazo que queda como desperdicio (Roca & Sanchez, 2012).

El bagazo normalmente es comercializado entre los ganaderos siendo un alimento de bajo aporte proteico y de poca digestión ya que un bovino lo procesa más del 20% del bagazo que consume. Entre los usos industriales que se le da al bagazo esta la elaboración de productos para retención de humedad o la elaboración de píldoras para el colon (Arango, 2014).

### **2.2.3. Bagazo de la caña de azúcar**

El bagazo de la caña de azúcar se caracteriza por la gran absorción de humedad y se compone de dos estructuras, fibra y meollo. La fibra que se compone de células cilíndricas y tejidos vasculares rígidos, es la más apreciada

para la elaboración de aglomerados y papel gracias a su resistencia. El meollo se compone de células parenquimatosas, pueden absorber hasta 20 veces su peso en agua y es de estructura débil (Roca & Sanchez, 2012).

### **2.3. Coco**

La domesticación de la palma de coco inicia en el Asia siendo un fruto migratorio con el hombre al punto de distribuirse en islas de África oriental como en islas del pacífico. La palma de coco puede ser encontrada hasta la actualidad de manera silvestre o como cultivo de explotación. El coco es un fruto alto en grasa por lo que su cultivo puede ser enfocado a la producción de aceites, a la comercialización de su agua y a la comercialización de su carne. El coco se presenta en tres variedades que son gigante que se caracteriza por su volumen de agua, enano que se caracteriza por su volumen de carne y el híbrido que aporta cantidades significativas de carne y agua.

#### **2.3.1. Producción de coco en el Ecuador y a nivel mundial**

El coco es cultivado con una mayor intensidad en Asia en donde se produce el 85,3% del volumen mundial seguido por Sudamérica con el 8,5%. El coco no se produce en Europa por lo que este es el principal mercado de exportación (Tomala, 2015).

Los principales productores de coco en el mundo son Indonesia con 13 millones de toneladas/año, Filipinas e India con 11 millones de toneladas/año y Sri Lanka con 1.85 millones de toneladas/año. Se estima que se encuentran sembradas alrededor de 4 millones de hectáreas de coco alrededor del mundo.

En el Ecuador se producen alrededor de 3500 toneladas/año de coco siendo las principales provincias en su siembra Esmeraldas, Manabí, Guayas, El Oro y Los Ríos. Estas 5 provincias componen el 85% de la producción total del país. La cual abastece la demanda local por lo que en 2015 se exporto a USA, Colombia, Japón, España y el Reino Unido (Tomala, 2015).

### **2.3.2. Usos del Coco**

El coco es un producto 100% aprovechable, en el caso de la palmera, puede ser aprovechada para madera en la elaboración de muebles, las raíces para la elaboración de medicinas y las palmas que se utilizan como decoración o para la elaboración de techos. Se obtienen productos a como son el agua que es un hidratante natural y la copra o carne del coco que sirve para alimentación o elaboración de diferentes productos agroindustriales y la extracción de aceite y manteca de coco. A su vez del hueso o concha del coco puede ser industrializado para la obtención de carbón activado (Quintanilla, 2012).

### **2.3.3. Estopa de Coco**

La estopa de coco también conocida como la fibra de coco es la parte externa que recubre a la concha y preserva la carne y el agua de coco. Es una fibra fuerte que está compuesta principalmente por celulosa y lignina. Con la estopa se pueden elaborar diferentes productos como cuerdas, colchones, entre otros. La estopa es usada en la construcción gracias a que previene la erosión del suelo produciendo crecimiento vegetal gracias a su capacidad retentiva de agua (Quintanilla, 2012).

## **2.4. Banano**

El banano pertenece a la familia de las musáceas, su origen se da en el sudoeste de Asia gracias a las migraciones se introdujo en América donde se cultiva en Sudamérica y Centroamérica. El fruto como tal es alto en hidratos de carbono lo que lo convierte en un producto de alta palatabilidad para el consumidor (ProEcuador, 2015).

### **2.4.1. Producción de Banano en el Ecuador y a Nivel Mundial**

El banano en Ecuador es el principal producto de exportación agrícola y a su vez Ecuador es el primer exportador de banano de calidad a nivel mundial. Los principales consumidores del banano ecuatoriano son Rusia, EEUU e Italia. El Ecuador presenta un crecimiento anual del 4% en cuanto a su rendimiento por ha gracias a la mejora genética de plántulas y el mejoramiento en los procesos fitosanitarios (MAGAP, 2015).

El banano en el Ecuador es cultivado en Costa, Sierra y Oriente. Las mayores superficies sembradas de banano se presentan en la Costa del país ocupando alrededor de 250 mil hectáreas que representa el 82% de la superficie de banano nacional, le sigue la Sierra con el 15% de la superficie y el Oriente con un 3% (García, 2012).

A nivel mundial el banano es un producto con un crecimiento promedio del 2 al 5% en los volúmenes de exportación. Los principales exportadores y con mayor porcentaje de crecimiento en las exportaciones son Ecuador y Filipinas, esto se debe a que el banano en ambas regiones tiene una gran calidad y sus costos de producción por mano de obra y control fitosanitario son económicos. El tercer y cuarto lugar en exportaciones ocupa Costa Rica y Colombia que se desarrollan a un paso más lento.

Los países con un mayor incremento en la demanda son EEUU y Canadá gracias al cambio en la alimentación y su crecimiento poblacional. Otro

mercado con un rápido crecimiento es Asia Central y Oriental por su densidad poblacional y la demanda de alimentos nutritivos (FAO, 2012).

#### **2.4.2. Usos del Banano**

El banano es un fruto destinado en su mayoría a la alimentación humana y en caso de no cumplir con los estándares para su distribución este sirve para alimentación animal, especialmente al ganado porcino (Padilla, 2013). Se puede industrializar el banano cuando este ya se encuentra maduro, entre los productos que pueden elaborarse se encuentran bebidas alcohólicas, snack, jaleas, puré, entre otros. El alto nivel de los carbohidratos y el sabor del mismo permiten que sus productos sean de alta palatabilidad y alta demanda. Con el plátano verde se pueden elaborar productos agroindustriales como harinas y polvo. Con las hojas del banano se preparan platos típicos. El pseudotallo y la cascara que queda tras la cosecha son destinados a la nutrición de los suelos para futuras siembras o simplemente como abono (Morreira, 2013),

#### **2.4.3. Fibra de Banano**

La fibra del banano es una fibra normalmente utilizada en el área de los textiles y en la elaboración de papel. La mayoría de la fibra del banano se encuentra en el pseudotallo, para la obtención de esta es necesario secar la planta por sus altos niveles de agua. Una vez seco se puede extraer la fibra en tiras largas que son normalmente de uso textil (Manrique, 2012)

### **2.5. Empaque**

Cuando se trata de calificar a un envoltorio como un envase o un empaque se debe tomar en cuenta los siguientes factores. Los envases o envase primario son la envoltura que está en contacto directo con el producto, lo que quiere decir que este es el responsable de conservar las propiedades organolépticas del producto como el caso de un chocolate el aluminio. Por otro lado los empaques o envases secundarios son los responsable de la protección y comercialización del producto, estos son los que están sobre el envase primario y son los primeros en ser vistos por el consumidor como en el caso del chocolate la caja de presentación y es desechado sin afectar al producto. (Mathon, 2012)

Los envases a su vez se dividen en reciclables, descartables y retornables. Los envases reciclables son los que tras procesos de limpieza y esterilización pueden volver a ser utilizados. Los envases descartables son los que tras consumir el producto pueden ser tomados como desecho. Los envases reciclables son los que pueden ser reprocesados tras su uso siendo amigables con el ambiente. (Mathon, 2012)

## **2.6. Aglomerado**

Un aglomerado es el resultado de la unión de diferentes partículas (gruesas o finas) de origen natural o industrial junto a una resina o aglutinante que cumple la función de pegamento. Esta mezcla es sometida a tratamientos de calor y de presión en la cual se crean enlaces entre dichas partículas formando una tabla sólida (Contreras, Owen, Garay, & Contreras, 1999).

### **2.6.1. Elaboración de aglomerados**

El proceso de elaboración de un aglomerado varía según los materiales de origen y tamaño de partícula que se desea utilizar. En el caso de ser materias

primas de origen industrial, los aglomerados serán más maniobrables esperando obtener mismos resultados al final del proceso; en el caso de ser materiales de origen natural el resultado del producto dependerá principalmente de la calidad, madures de la fibra y tipo del material que se utilice (Tapia, 2007).

El primer paso en la elaboración de aglomerados es la preparación de la partícula (Tapia, 2007). En el caso de utilizar materiales de origen industrial se procederá únicamente a la reducción de su tamaño. En el caso de ser materiales de origen natural se procede a un previo secado y posterior a este la reducción de tamaño de las partículas. El tamaño de las partículas será el responsable de la densidad, flexión y presentación del aglomerado (Contreras, Owen, Garay, & Contreras, 1999).

El segundo paso consiste en la formación de una mezcla, esta mezcla se formara gracias a la presencia de resinas o aglutinantes. El último paso consiste en someter la mezcla a procesos de presión y calor. En este proceso es cuando se forma el aglomerado puesto que se crea la unión de enlaces entre partículas gracias al aglutinante y se obtiene la rigidez característica de un aglomerado debido a que fue sometido a un proceso de deshidratación.

### **2.6.2. Normativas para aglomerados**

Los aglomerados una vez elaborados deben cumplir con normativas de calidad para que puedan ser comercializados. Estas normativas de calidad pueden ser locales como es el caso del INEN o internacionales como son el caso de las normativas UNEN. Las normativas que miden los niveles de calidad de los aglomerados son:

- Densidad: internacional UNE EN 323 y nacional INEN 897:2005
- Contenido de humedad: internacional UNE EN 322 y nacional INEN 896:2005

- Estabilidad dimensional: internacional UNEN EN 318
- Resistencia a la humedad: internacional UNEN EN 321 y UNEN EN 1087 y nacional INEN 899:1982

### **2.6.3. Aglomerados y sus usos**

Un aglomerado es un material constituido por residuos de diferentes materiales comúnmente virutas de madera, arena o grava que son unidos y solidificados mediante el uso de un aglutinante. En los últimos tiempos el uso de materiales reciclables ha tenido un gran impacto en la creación de aglomerados ya que permite el uso de materiales de desecho eliminando cantidades de basura y elevando los beneficios de las compañías.

El uso dado a los aglomerados normalmente el uso para construcción por los bajos precios de elaboración y la resistencia que presenta. Entre los beneficios que aporta el uso de aglomerados se presenta que gracias a sus bajos niveles de humedad y los diferentes aglutinantes que los componen, son resistentes a contaminación de bacterias u hongos lo cual permite un mayor tiempo de vida útil. Los aglomerados son utilizados a su vez para la elaboración de muebles del hogar, puertas, marcos de ventanas y pallets para transporte de productos.

Los aglomerados se rigen bajo normativas para medir los diferentes perímetros como la densidad, dureza, resistencia, presencia de microorganismos entre otras. En el caso de Ecuador, el INEN es el organismo encargado de dictar la normativa para los parámetros de los aglomerados, estas normativas a su vez cambian de acuerdo al país donde los aglomerados sean manufacturados.

## **3. CAPÍTULO III: Metodología**

### **3.1. Introducción a la metodología**

El método a ser utilizado es el experimental. Se ha seleccionado este método ya que al comprar entre variedades de arroz y elaboración de aglomerados se presentarán resultados que serán medidos y comparados para la obtención de resultados concretos.

En la comparación de las variedades de arroz INIAP 9, INIAP 14 e INIAP 15, se obtendrán resultados como el porcentaje de sólidos hidrosolubles encargados de gelificación, porcentaje de almidón y contenido de gluten.

En la elaboración de aglomerados, se procederá a realizar 6 variedades de muestras diferentes en donde se compararan los porcentajes de arrozillo y 3 tipos de fibras vegetales que son el tallo de la caña de azúcar, el mesocarpio del coco y el pseudotallo del banano. Una vez obtenido el aglomerado se elaborarán empaques alimentarios los cuales serán sometidos a pruebas de resistencia, densidad y microbiológicas para demostrar si son aptos para la distribución de alimentos.

## **3.2. Procedimientos**

### **3.2.1. Obtención de Sólidos solubles**

Los sólidos hidrosolubles son los responsables del poder aglutinante del arrozillo. Ante una mayor presencia de sólidos hidrosolubles la mezcla será homogénea ya que el arrozillo unirá y dará estabilidad a las partículas de fibra vegetal. (Lang, 2012) El procedimiento para la obtención de sólidos hidrosolubles se detalla a continuación:

- a) Licuar el arroz con agua.
- b) Tamizar la mezcla.
- c) Dejar reposar para que se cree una sedimentación en el fondo.
- d) Extraer mayor cantidad de agua posible.
- e) Lavar con alcohol.
- f) Someter a centrifugación por 5 minutos.
- g) Separar excesos de líquido.

- h) Secar sedimentación obtenida.
- i) Pesar de las muestras.

### **3.2.2. Obtención de Almidón**

El almidón es un carbohidrato que se presenta en todos los cereales de consumo humano y animal, este no es un factor relevante al momento de la elección de una variedad ya que los valores de almidón son parecidos entre variedades (Lopez & Diaz, 2012). A continuación se describe el proceso de obtención de almidón.

- a) Pesar una cantidad de arroz.
- b) Proceder a moler la cantidad dada.
- c) Tamizar el producto obtenido.
- d) Pesar los productos obtenidos y otorgar porcentajes.

### **3.2.3. Elaboración del Aglomerado**

La calidad del aglomerado depende directamente de como este fue elaborado, el que un aglomerado sea homogéneo o tienda a partirse depende directamente del tratamiento que reciben las fibras que van a ser utilizadas y el aglutinante (Contreras, Owen, Garay, & Contreras, 1999). La elaboración de aglomerados puede ser realizado tanto de manera cómo casera como de manera industrial.

- a) Recibir materiales
- b) Secar fibras vegetales
- c) Trocear fibras vegetales
- d) Acondicionar arrocillo
- e) Mezclar
- f) Moldear
- g) Secar

### **3.3. Diseño experimental**

#### **3.3.1. Identificación de variables:**

##### **3.3.1.1. Variables independientes**

- Variedad de arcillo
- Tipo de fibra
- Porcentaje de fibra
- Costo de materiales de producción

##### **3.3.1.2. Variables dependientes**

- Poder aglutinante del arcillo
- Propiedades físicas del aglomerado (resistencia, densidad)
- Presencia de microorganismos
- Tiempo de vida útil
- Costo beneficio del producto elaborado

##### **3.3.1.3. Operacionalidad de Variables**

Tabla 2:  
Variables dependientes

Variable dependiente: poder aglutinante del arcillo		
Definición conceptual: El poder aglutinante será el responsable de aportar estabilidad y dureza al aglomerado.		
Dimensiones	Definición operacional	Indicador
Sólidos solubles	Los sólidos solubles serán los responsables de aportar un mayor poder gelificante	% de sólidos solubles
Presencia gluten	El gluten es la presencia de unión de proteínas que aportan dureza	Peso de gluten
Variable dependiente: presencia de microorganismos		
Definición conceptual: Agentes externos que pueden contaminar el producto final		
dimensiones	definición operacional	indicador
Tipos de Microorganismos	Microorganismos patógenos que se presentan	# de colonias
Variable dependiente: costos de producción		
Definición conceptual: Variaciones que presentan los costos de los diferentes elementos en el mercado		
Dimensiones	Definición operacional	Indicador
Costo de producción	Valor de la elaboración del producto	Rentabilidad
Variable dependiente: propiedades físicas del aglomerado		

Definición conceptual: Variables que presenta el aglomerado a comparación de otros materiales de uso alimentario		
Dimensiones	Definición operacional	Indicador
Dureza	Capacidad de soportar peso antes de presentar ruptura o deformación	Carga en kg
Densidad	Volumen y peso que ocupa el aglomerado	P/V

### 3.3.2. Unidad de análisis:

La unidad de análisis a ser seleccionada debe ser comparable. En el caso del arroz las unidades de análisis serán los porcentajes de almidón que presenta cada variedad y a su vez el porcentaje de gluten que se forma a partir de una masa madre. En los aglomerados, las unidades de análisis serán los porcentajes de materiales en la elaboración de cada aglomerado. De esta forma se compara las diferentes características que presenten los aglomerados en base a una comparación numérica de su densidad y resistencia.

### 3.3.3. Población de estudio

- Variedades de arroz
  - INIAP 9
  - INIAP 14

- INIAP 15
- Aglomerados
  - Arrocillo 30% y fibra de coco 70%
  - Arrocillo 40% y fibra de coco 60%
  - Arrocillo 30% y fibra de banano 70%
  - Arrocillo 40% y fibra de banano 60%
  - Arrocillo 50% y fibra de caña 50%
  - Arrocillo 40% y fibra de caña 60%

#### **3.3.4. Tamaño de muestra**

- 5 muestras de 100g de arroz cada una por tratamiento para pruebas físico químicas en la obtención de sólidos solubles, almidón y gluten
- 5 muestras de cajas elaboradas para ser sometidas a pruebas físicas y microbiológicas.
- Se realizara un total de 10 empaques por aglomerado dando un total de 60 empaques para experimentación.

#### **3.3.5. Selección de la muestra**

- La selección de la muestra debe ser un reflejo de lo que se quiere obtener, utilizando 5 repeticiones como muestra se puede obtener un promedio representativo.

#### **3.3.6. Técnica de recolección de datos**

Se recolectaran fotografías y realizaran cuadros de datos de los siguientes experimentos:

- Pruebas para arrocillo
  - Obtención de sólidos solubles en el arrocillo: Disolver almidón en agua y someterlo a un proceso de secada para obtener el peso
  - Obtención de almidón en el arrocillo: Moler el grano de arroz y pesar los diferentes subproductos obtenidos
  - Obtención de gluten en el arrocillo: Lavar del almidón de arroz en base a la formación de una masa.
- Pruebas para empaques hechos con aglomerados
  - Resistencia superficial del empaque: Para la obtención del rango de fuerza superficial en los aglomerados se procedió a tomar 34 puntos de presión superficial. La fuerza superficial permite conocer cuántos KgF puede soportar cada muestra en promedio antes de quebrarse.
  - Tracción superficial del empaque: La prueba de tracción permite saber la fuerza que puede ser aplicada sobre el cuerpo antes de su ruptura. Esta prueba consiste en aplicar fuerza y alar al cuerpo hasta que en este se produzca una ruptura en la mitad del cuerpo. Únicamente de este modo se sabrá que la fuerza ejercida fue de manera uniforme puesto que si se rompe en un punto específico la fuerza estuvo concentrada en ese punto.
  - Pruebas organolépticas de producto: Para conocer si el producto mantiene sus cualidades integras se realizaron dos pruebas, la primera someter el producto al colorímetro en contraste con una muestra testigo y la segunda fue la de usar el penetrómetro para conocer si la dureza se mantiene igual en comparación a la del testigo. Un análisis organoléptico convencional en donde se prueban las muestras y se califica no puede ser realizado en este

caso puesto que todos los datos obtenidos serian relativos al gusto del consumidor.

- Densidad del aglomerado: La prueba de densidad permite saber el volumen que ocupará el cuerpo con respecto a su peso. Conocer la densidad del aglomerado permite saber si este será más maniobrable por su peso o si a su vez este necesitara de un mayor esfuerzo para su movilización. La obtención de la densidad se realiza mediante el pesaje del cuerpo y la inmersión en agua hasta descubrir el volumen que ocupa, una vez obtenido ese dato se divide el peso sobre el volumen y se obtiene la densidad del objeto.

### **3.4. Análisis e interpretación de la información:**

El programa a ser utilizado para la interpretación de datos es InfoStat, este programa permite la obtención del análisis de varianza y la comprobación mediante la prueba de Tukey.

- Varianza: cuadro donde se presentaran valores críticos y grados de libertad en la comparación entre los tratamientos tanto al arroz en la obtención de gluten y almidón, como en los aglomerados en sus valores de densidad y resistencia.
  
- Análisis de Varianza: compara cada una de las pruebas realizadas en el arroz, esto quiere decir que si los datos obtenidos en las pruebas son significantes unos con otros eligiendo la variedad más significativa. Del

mismo modo el análisis de varianza permitirá la comparación entre los diferentes aglomerados realizados en sus pruebas físicas como la densidad, resistencia superficial y resistencia de ruptura. El realizar el análisis de varianza permitirá saber que datos son significativos ante otros y comprobar si un aglomerado tiene relevancia sobre los otros.

- Prueba de Tukey: el método de Tukey es utilizado para medir intervalos y comprobar si estos tienen errores significativos unos sobre otros, esto permitirá saber tras el análisis de varianza el error que se presentara en cada comparación y lo que esto puede significar al momento de elegir el mejor aglomerado o la mejor variedad de arroz.

## **4. CAPÍTULO IV: Resultados y Discusión**

### **4.1. Análisis resultados de arroz**

Para la selección de una variedad específica de arrocillo como aglutinante se realizaron dos análisis, estos fueron sólidos hidrosolubles y cantidad de algodón. Los sólidos hidrosolubles son los responsables del poder aglutinante gracias a la amilasa mientras que el almidón gelatiniza la mezcla y aporta volumen.

#### **4.1.1. Análisis resultados obtenidos de almidón en arrocillo**

Para el análisis del almidón en arrocillo se compararon los promedios obtenidos tras 5 repeticiones ( $n=5$ ). Los datos obtenidos se presentan en la tabla 3:

Tabla 3.  
Promedio del contenido obtenido de almidón (n=5) en variedades de arrocillo

Análisis de varianza					
Variable	N	R <sup>a</sup>	A <sub>j</sub>	CV	
Porcentaje	15	0,35	0,24	2,8	
Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	75,96	14			
Variedad	26,43	2	13,21	3,2	0,0769
Error	49,53	12	4,13		

Los promedios presentados no tienen una diferencia significativa ya que su p-valor es mayor a 0.05, esto hace que los datos obtenidos no tuvieran relevancia al momento de seleccionar una variedad. La tabla 4 muestra los promedios de los resultados obtenidos.

Tabla 4.  
Promedio del contenido de almidón (n=5) en arrocillo

Variedad de arroz	Peso del almidón (g)
INIAP 9	72,2 ± 1,68
INIAP 14	71,0 ± 2,31
INIAP 15	74,2 ± 2,05

Los porcentaje de almidón en el arroz bordea del 70 al 80% (Latham, 2002). Como se puede visualizar en la tabla 1, los resultados obtenidos de almidón de arroz en las variedades permanecen dentro del rango. El arroz nacional tiene un porcentaje de almidón similar al arroz de otros países, en caso de repetir estos procesos en diferentes lugares del mundo pueden obtenerse resultados similares.

#### 4.1.2. Análisis resultados obtenidos de sólidos hidrosolubles en arrozillo

El análisis de sólidos hidrosolubles tiene una mayor relevancia que el de almidón puesto que estos fueron los responsables del poder aglutinante en el arroz (Ramirez, 2015). Los resultados obtenidos presentan diferencias altamente significativas como se presentan en la tabla 5, ya que al comparar las variedades INIAP 9, INIAP 14 e INIAP 15, donde su p-valor es menor a 0,0001.

*Tabla 5.*  
*Análisis de varianza en el promedio de sólidos hidrosolubles en el arrozillo (n=5)*

Análisis de varianza					
Variable	N	R <sup>a</sup>	Aj	CV	
Peso sólidos hidrosolubles	15	0,95	0,94	6,37	
Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	3,58	14			
Variedad	3,4	2	1,7	113,89	<0,0001
Error	0,18	12	0,01		

Los valores del peso de los sólidos hidrosolubles de las variedades INIAP 9 e INIAP 14 con respecto a la variedad INIAP 15 tienen alta diferencia como se presenta en la tabla 6 obtenida por Tukey. En el momento de la elección de una variedad se procedió a seleccionar la que tenía una comparación de media de los sólidos hidrosolubles con respecto a los demás como fue el caso de la variedad INIAP 15.

Tabla 6.

Contenido de solidos hidrosolubles en arrocillo analizado mediante Tukey

Variedad de arroz	Peso de solidos hidrosolubles (g)
INIAP 9	1,66 ± 0,15 a
INIAP 14	1,51 ± 0,06 b
INIAP 15	2,59 ± 0,13 c

El arroz en su proceso de industrialización recibe el mismo tratamiento en las tres variedades, esto se debe a que normalmente todo el arroz es procesado al mismo tiempo. Esto dice que las variables como temperatura, humedad y presión son las mismas (Vargas C. , 2016). Al momento de la elección de la variedad de arrocillo para la elaboración se seleccionó la variedad INIAP 15, este presenta un mayor peso de solidos hidrosolubles lo que lo hace altamente significativo ante las variedades INIAP 9 e INIAP 14.

#### 4.2. Análisis de resultados de los aglomerados elaborados

En el caso de las pruebas físicas en aglomerados se procedió a tomar datos en base a 5 repeticiones de la prueba física. Las pruebas físicas realizadas a los aglomerados fueron la de densidad, resistencia superficial y tracción. Una vez obtenidas estas variables se procedió a realizar un análisis estadístico donde se trató de encontrar que las variables tenían diferencias altamente significativas entre ellos puesto que su p-valor es menor a 0.0001.

##### 4.2.1. Análisis de dureza en aglomerados

El análisis de dureza tomado en KgF fue realizado mediante la obtención de un promedio (n=5), esto mostro que existe una diferencia altamente

significativa entre variedades ya que el p-valor es menor a 0.0001. En la tabla 7 se muestra el análisis de varianza de los resultados.

Tabla 7.

Análisis de varianza de los promedios (n=5) de la dureza en KgF de aglomerados

Análisis de varianza					
Variable	N	R <sup>a</sup>	Aj	CV	
Dureza (KgF)	204	0,49	0,48	24,47	
Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	445,43	203			
Variedad	217,75	5	43,55	37,87	<0,0001
Error	227,69	198	1,15		

Los resultados obtenidos mostraron que los aglomerados con mayor dureza son T2 (Coco 60% Arrocillo 40%) y T6 (Banano 60% Arrocillo 40%) al ser estos tratamientos altamente significativos. La dureza permitió conocer cuáles son los tratamientos que soportaran un mayor peso y cuanto pueden resistir los aglomerados antes de deformarse o romperse.

Tabla 8.

Promedio de dureza (n=5) obtenido mediante Tukey en KgF de aglomerados

Tratamiento	Rango KgF
T1 (Coco 70% Arrocillo 30%)	4,67 ± 1,45 a
T2 (Coco 60% Arrocillo 40%)	5,68 ± 1,45 b
T3 (Caña 60% Arrocillo 40%)	4,19 ± 0,73 c
T4 (Caña 50% Arrocillo 50%)	2,49 ± 0,94 d
T5 (Banano 70% Arrocillo 30%)	3,96 ± 0,69 e
T6 (Banano 60% Arrocillo 40%)	5,29 ± 0,89 f

Para realizar una comparación se procedió a investigar los rangos de dureza de los materiales utilizados para la elaboración de aglomerados, estos materiales serán el cartón corrugado, cartón normal, espuma flex, papel kraft y

aglomerados de fibra de madera. La tabla 9 muestra los datos a ser comparados.

Tabla 9.

Dureza en KgF de materiales

Material	Dureza (KgF)	Bibliografía
Cartón corrugado simple	7	(GlobalBuyer, 2012)
Cartón corrugado doble	12	(GlobalBuyer, 2012)
Cartón simple	1.55	(GlobalBuyer, 2012)
Papel Kraft	4	(Asociación de Corrugadores del Caribe, 2014)
Espuma de poliuretano	3,6 – 7,2	(INEN, 1995)
Aglomerados promedio	2 - 4	(Meraz, Quintanilla, & Garcia, 2014)

Utilizando esta información se pudo comparar a los aglomerados con mejores resultados (T2 (Coco 60% Arrocillo 40%) y T6 (Banano 60% Arrocillo 40%)). Los aglomerados elaborados se muestran superiores ante la dureza del papel Kraft, el rango de dureza de los aglomerados convencionales y al cartón simple. A su vez estos están dentro del rango en el que normalmente se encuentra la espuma flex. El material con mayor dureza que se presenta es el cartón corrugado en su presentación simple y doble.

#### 4.2.2. Análisis de tracción en aglomerados

Los ensayos de tracción en los aglomerados permitieron conocer la fuerza que se puede ejercer antes de llegar al punto de ruptura. En la siguiente tabla se pueden ver que existieron valores altamente significativos entre los ensayos.

Tabla 10.  
Análisis de varianza de los promedios (n=5) de ruptura en KgF de aglomerados

Análisis de varianza					
Variable	N	R <sup>a</sup>	A <sub>j</sub>	CV	
Ruptura (KgF)	30	0,94	0,92	7,11	
Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	404,47	29			
Variedad	378,47	5	75,69	69,87	<0,0001
Error	26	24	1,08		

Como muestra la tabla 10, en el análisis de varianza el p-valor es menor a 0,0001 lo que significa que existen valores altamente significativos en la prueba. Los valores se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 11.  
Tracción (N) promedio (n=5) obtenida mediante Tukey en Aglomerados

Tratamiento	Rango Tracción (N)
T1 (Coco 70% Arrocillo 30%)	9,80 ± 1,25 a
T2 (Coco 60% Arrocillo 40%)	14,80 ± 1,04 b
T3 (Caña 60% Arrocillo 40%)	14,80 ± 1,03 c
T4 (Caña 50% Arrocillo 50%)	12,10 ± 0,65 d
T5 (Banano 70% Arrocillo 30%)	14,90 ± 1,02 e
T6 (Banano 60% Arrocillo 40%)	21,40 ± 1,14 f

Como muestra la tabla, el valor del T6 (Banano 60% Arrocillo 40%) es altamente significativo por su valor en comparación del resto de tratamientos, en caso de elegir un aglomerado por tracción este sería el seleccionado. A su

vez se muestra que el T1 (Coco 70% Arrocillo 30%) es el tratamiento con menor fuerza de tracción.

Tabla 12.

Tracción (N) de materiales

Material	Tracción (N)	Bibliografía
Cartón corrugado simple	13,1	(Zanuttini, Antúez, & Clemente, 2008)
Cartón corrugado doble	16	(Zanuttini, Antúez, & Clemente, 2008)
Cartón simple	6,6	(Zanuttini, Antúez, & Clemente, 2008)
Papel Kraft	9,7	(Zanuttini, Antúez, & Clemente, 2008)
Espuma de poliuretano	4,5 – 6	(Chavez, 2016)
Aglomerados de bambú	13 - 23	(Januário & Beraldo, 2010)

Comparando los resultados obtenidos con los datos recolectados en la tabla 12, se pudo decir que los aglomerados elaborados tienen mayor tracción que la espuma de poliuretano, el cartón simple y el papel kraft que son materiales muy utilizados en la elaboración de cajas. La mayoría de los aglomerados entran en el mismo rango de tracción que los aglomerados de bambú a excepción del T1 (Coco 70% Arrocillo 30%) que presenta valores más bajos.

#### 4.2.3. Análisis de densidad en aglomerados

Para la prueba de densidad se pasó a calcular un promedio en base a los cinco repeticiones (n=5). Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 13:

Tabla 13.

Análisis de varianza de los promedios (n=5) de la densidad de aglomerados

Análisis de varianza					
Variable	N	R <sup>a</sup>	A <sub>j</sub>	CV	
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	30	0,86	0,83	10,15	
Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor

Total	0,62	29			
Variedad	0,53	5	0,11	29	<0,0001
Error	0,09	24	3,7E-0,3		

Como muestra la anterior figura, el p-valor es menor a 0,001. En el análisis de varianza se expresa que de las densidades obtenidas existen diferencias altamente significativas como se observa en la siguiente tabla 14:

Tabla 14.

Promedio (n=5) del rango de Densidad (g/cm<sup>3</sup>) obtenido por Tukey de los Aglomerados

Tratamiento	Rango Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
T1 (Coco 70% Arrocillo 30%)	0,79 ± 0,08 a
T2 (Coco 60% Arrocillo 40%)	0,70 ± 0,07 b
T3 (Caña 60% Arrocillo 40%)	0,50 ± 0,05 c
T4 (Caña 50% Arrocillo 50%)	0,38 ± 0,01 d
T5 (Banano 70% Arrocillo 30%)	0,58 ± 0,07 e
T6 (Banano 60% Arrocillo 40%)	0,63 ± 0,06 f

Las densidades obtenidas se encuentran en un rango entre 0,38 a 0,79 g/cm<sup>3</sup> siendo el T1 (Coco 70% Arrocillo 30%) el con mayor densidad y el T4 (Caña 50% Arrocillo 50%) el de menor densidad.

Tabla 15.

Densidad (g/cm<sup>3</sup>) de materiales

Material	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Bibliografía
Cartón corrugado simple	0,126	(Stem, 2016)

Cartón corrugado doble	0,295	(Stem, 2016)
Papel Kraft	0,05	(RockWool, 2016)
Espuma de poliuretano	0,04	(INEN, 1995)
Aglomerados de bambú	0,7	(Januário & Beraldo, 2010)

Cuando se compara el rango de los aglomerados realizados con los rangos de productos ya existentes se puede decir que estos tienen una diferencia altamente significativa con respecto a la densidad del papel kraft, la espuma de poliuretano, cartón simple, corrugado y corrugado doble. Los aglomerados de mayor densidad son los aglomerados de coco, estos presentan una densidad similar a los del aglomerado de bambú mientras que los demás tratamientos tienen una menor densidad.

### **4.3. Análisis de resultados en pruebas de vida útil de productos**

Para conocer si el producto mantiene sus cualidades integrales durante el tiempo establecido se realizaron dos pruebas. La primera fue someterlo al colorímetro que trabaja con el contraste de una muestra testigo con una muestra a comparar. La segunda prueba, fue la de usar el penetrómetro para conocer la dureza de las muestras y saber si estas se mantienen igual en comparación a las del testigo. El tiempo que las muestras reposaron dentro de las cajas fue de un mes, el testigo estuvo el mismo tiempo dentro de su empaque original para que la comparación sea más exacta. Un análisis organoléptico convencional consiste en que las personas aprecien el producto según su gusto, estos datos no tendrían relevancia ya que el gusto de la gente y su percepción del producto son relativos.

#### **4.3.1. Análisis de resultados obtenidos con colorímetro**

En la prueba del colorímetro se obtuvieron resultados en base a cinco repeticiones (n=5) y cinco indicadores, estas son en contraste a la muestra

testigo por lo que el testigo no pudo ser analizado. Los resultados promedios son analizados en las siguientes tablas.

Tabla 16.

Análisis de varianza del promedio (n=5) indicador L\*

Análisis de varianza					
Variable	N	R <sup>a</sup>	A <sub>j</sub>	CV	
Valor	6	0	0	4,92	
Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	12,39	5	2,48		
Indicador	0	0	0	sd	sd
Error	12,39	5			

El contraste del indicador L\* (luminosidad), no se generan valores significativos en la comparación entre muestras. Lo que quiere decir que la luminosidad entre muestras es constante.

Tabla 17.

Análisis de varianza del promedio (n=5) indicador c\*

Análisis de varianza					
Variable	N	R <sup>a</sup>	A <sub>j</sub>	CV	
Valor	6	0	0	4,11	
Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	2,06	5			
Indicador	0	0	0	sd	sd
Error	2,06	5	0,41		

El contraste del indicador c\* (color) muestra que no existen valores significativos en la comparación entre muestras, con lo que el color de las muestras se mantiene en el mismo rango.

Tabla 18.

Análisis de varianza del promedio (n=5) indicador a\*

Análisis de varianza					
----------------------	--	--	--	--	--

Variable	N	R <sup>a</sup>	Aj	CV	
Valor	6	0	0	3,43	
Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	1,12	5			
Indicador	0	0	0	sd	sd
Error	1,12	5	0,22		

El contraste del indicador a\* (coordenadas rojo/verde) muestra que no existen valores significativos. Los resultados están ubicados en puntos cardenales similares por lo que la muestra se mantiene estable en todos los casos.

Tabla 19.

Análisis de varianza del promedio (n=5) indicador h\*

Análisis de varianza					
Variable	N	R <sup>a</sup>	Aj	CV	
Valor	6	0	0	4,66	
Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	8,25	5			
Indicador	0	0	0	sd	sd
Error	8,25	5	1,65		

El contraste del indicador h\* (matiz) muestra que no existen valores significativos entre tratamientos, esto indica que no existe diferencia en la saturación de colores entre muestras.

Tabla 20.

Análisis de varianza del promedio (n=5) indicador b\*

Análisis de varianza					
Variable	N	R <sup>a</sup>	Aj	CV	
Valor	6	0	0	7,29	
Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	1,39	5			
Indicador	0	0	0	sd	sd

Error	1,39	5	0,28		
-------	------	---	------	--	--

El contraste del indicador b\* (coordenadas amarillo/azul) muestra que los valores de las muestras están ubicados en puntos cardinales semejantes a lo que no presentan datos significativos.

Como se puede observar, ningún valor obtenido en el análisis de varianza del promedio es significativo, esto se debe en que los promedios (n=5) obtenidos son muy similares como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 21.

Promedios (n=5) obtenidos con el colorímetro

Indicador	Coco 70%	Coco 60%	Banano 70%	Banano 60%	Caña 60%	Caña 50%
L* (Luminosidad)	35,14	31,52	31,14	30,88	31,6	31,62
a* (coordenadas rojo/verde)	13,7	13,74	14	14,34	13,98	12,94
b* (coordenadas azul/amarillo)	6,72	6,9	7,96	7,7	7,4	6,74
c* (color)	15,24	15,48	16,12	16,34	15,92	14,6
h* matiz)	25,92	26,56	29,6	28,18	27,7	27,6

Con esto se pudo afirmar que, a pesar del empaque no ser el diseñado para el producto, las cualidades de color se mantienen estables dentro de los empaques realizados con los aglomerados.

#### 4.3.2. Análisis de resultados obtenidos con penetrómetro

En el siguiente grafico se muestra el análisis de varianza entre los promedios (n=5) obtenidos de las muestras que reposaron en los empaques secundarios.

Tabla 22.

Análisis de varianza de los promedios (n=5) de la dureza en KgF de muestras

Análisis de varianza					
Variable	N	R <sup>a</sup>	A <sub>j</sub>	CV	
Promedio (KgF)	35	0,12	0	14,34	
Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	22,47	34			
Tratamiento	2,8	6	0,47	0,67	0,6783
Error	19,66	28	0,7		

Como se puede observar en el análisis de varianza, el p-valor obtenido de los promedios no es significativo ya que es mayor a 0.5. En la siguiente tabla se muestran los promedios obtenidos.

Tabla 23.

Promedio de dureza (n=5) en KgF analizado mediante Tukey de muestras

Tratamiento	Rango Resistencia (KgF)
T1 (Coco 70% Arrocillo 30%)	6 ± 0,9 a
T2 (Coco 60% Arrocillo 40%)	5,45 ± 0,45 b
T3 (Caña 60% Arrocillo 40%)	5,85 ± 1,1 c
T4 (Caña 50% Arrocillo 50%)	5,84 ± 0,9 d
T5 (Banano 70% Arrocillo 30%)	6,17 ± 0,8 e
T6 (Banano 60% Arrocillo 40%)	5,42 ± 0,9 f
T7 (Testigo)	5,42 ± 0,9 g

Como se puede observar los valores no tienen diferencia significativa lo que permite afirmar que las muestras conservan de igual manera la dureza que el producto en el empaque secundario original.

## 5. CAPÍTULO V: Análisis Beneficio/Costo

Para el análisis beneficio/costo se calculó en base al costo de los materiales utilizados para la elaboración de los aglomerados. Para este análisis se consideró el costo del arrocillo y las fibras acompañados del tratamiento al que es sometido el aglomerado elaborado.

### 5.1. Costo de arrocillo

El arrocillo utilizado para la elaboración de aglomerados fue procesado en la vía Daule, provincia del Guayas. Para llegar a Quito el arrocillo demora 2 días ya que es enviado vía terrestre. El costo fue calculado obteniendo \$0.48/kg de arrocillo como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 24.  
Análisis de costo de kg de arrocillo

Material	Costo de transporte	Peso enviado (Kg)	Costo del Material	Costo Total Kg
Arrocillo	\$5.00	46	\$17.00	\$ 0,48

### 5.2. Obtención de fibras

#### 5.2.1. Fibra de Coco

El costo de la fibra de coco se calculara en base al costo del transporte desde la ciudad de Cayambe a Quito en una compañía de transporte de cargas. Se obtuvo un costo por kg de \$1.20.

Tabla 25.  
Análisis de costo de kg de fibra de coco

Materia l	Costo de transporte	Peso enviado (Kg)	Costo del Material	Costo Total Kg
Coco	\$5.00	5	\$1.00	\$1.20

En la siguiente figura se muestra el balance de materiales para la elaboración de aglomerados en base a 70% fibra de coco / 30% arcocillo y 60% fibra de coco / 40% arcocillo.



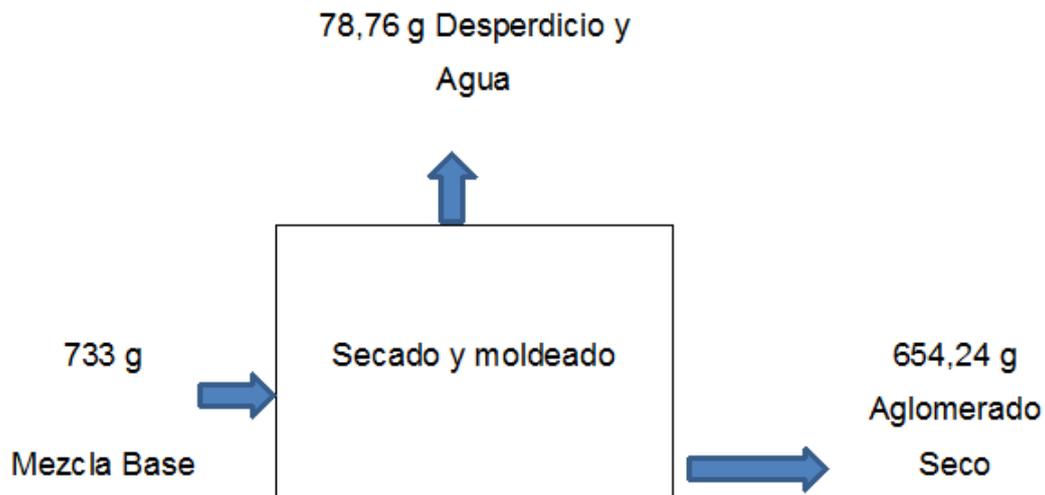
Figura 1.  
Balance de masas en la elaboración de aglomerado de coco 70% arcocillo 30%

Tabla 26.  
Costo de elaboración de 1 kg de aglomerado 70% coco / 30% arcocillo

Material	Costo Kg	Peso (Kg)	Total
Coco (70%)	\$ 1,20	0,751	\$ 0,90
Arrocillo (30%)	\$ 0,37	0,322	\$ 0,12
Autoclave	-	-	\$ 2,50
Total			\$ 3,52

El costo de elaboración de 1Kg de aglomerado seco de a 70% fibra de coco / 30% arcocillo es de \$1.02. De este Kg de Aglomerado seco se pueden elaborar 10.3 cajas (Anexos) siendo el costo de cada caja de \$0.34.

En la siguiente figura se muestra el balance de masas de la elaboración del aglomerado y la siguiente tabla muestra el costo de elaboración del 60% fibra de coco y 40% arcocillo:



*Figura 2.*

*Balance de masas en la elaboración de aglomerado de coco 60% arcocillo 40%*

Tabla 27.

Costo de producción de 1 kg de aglomerado de 60% coco / 40% arcocillo

Material	Costo Kg	Peso (Kg)	Total
Caña (60%)	\$ 1,20	0,672	\$ 0,81
Arrocillo (40%)	\$ 0,37	0,448	\$ 0,17
Autoclave	-	-	\$ 2,50
Total			\$ 3,47

El costo de elaboración de 1Kg de aglomerado seco de a 60% fibra de coco / 40% arcocillo es de \$3.47. De este Kg de Aglomerado seco se pueden elaborar 11.6 cajas (Anexos) siendo el costo de cada caja de \$0.30.

### 5.2.2. Fibra de Banano

El pseudotallo no tiene valor económico ya que es un desperdicio que se utiliza para abonar el campo. Por ende el costo de la fibra se calcula en base al costo del transporte desde la ciudad de Guayaquil a Quito en una compañía de transporte de cargas. El análisis realizado se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 28.

Costo de kg de fibra de Banano

Material	Costo de transporte	Peso enviado (Kg)	Costo del Material	Costo Total Kg
Banano	\$9.00	5	\$ -	\$1.80

Las siguientes figuras muestran el balance de masas de la elaboración de aglomerados en base a 70% fibra de Banano / 30% arrocillo y 60% fibra de Banano / 40% arrocillo.

La siguiente figura muestra el balance de masas de la elaboración del aglomerado y la siguiente tabla muestra el costo de elaboración del 70% fibra de banano y 30% arrocillo:

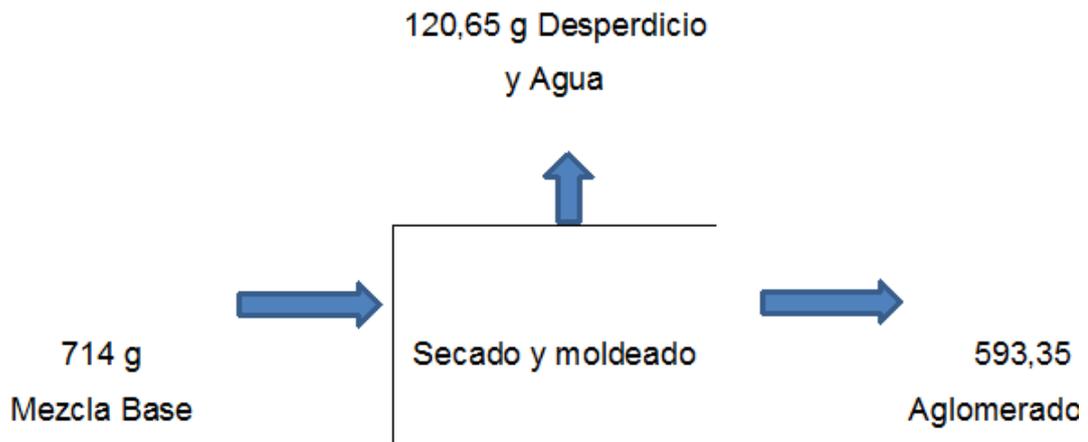


Figura 3.

Balance de masas en la elaboración de aglomerado de banana 70% arrocillo 30%

Tabla 29.

Costo de producción de 1 kg de aglomerado de 70% banana / 30 % arrocillo

Material	Costo Kg	Peso (Kg)	Total
Banano (70%)	\$ 1,80	0,899	\$ 1,62
Arrocillo (30%)	\$ 0,37	0,385	\$ 0,14
Autoclave	-	-	\$ 2,50
Total			\$ 4,26

El costo de elaboración de 1Kg de aglomerado seco de a 70% fibra de banana / 30% arrocillo es de \$4.26. De este Kg de Aglomerado seco se pueden elaborar 12.78 cajas (Anexos) siendo el costo de cada caja de \$0.33.

La siguiente figura muestra el balance de masas de la elaboración del aglomerado y la siguiente tabla muestra el costo de elaboración del 60% fibra de banana y 40% arrocillo:

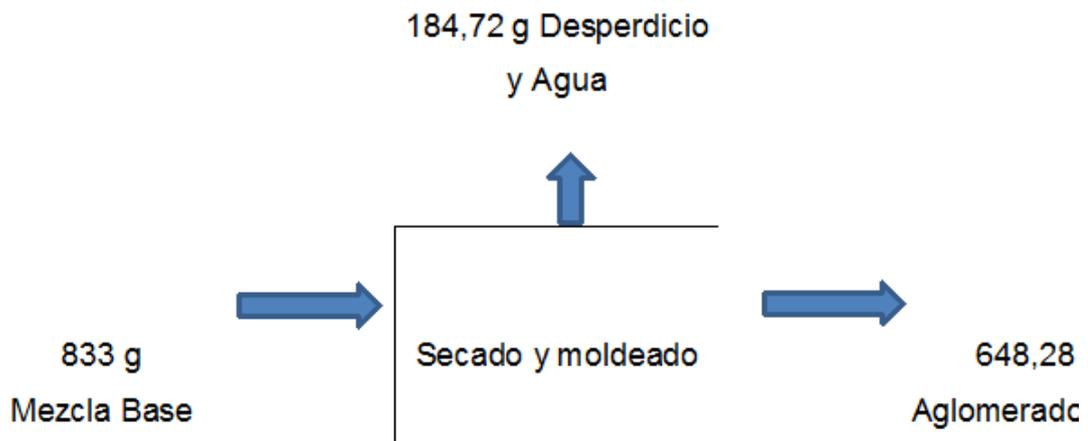


Figura 4.

Balance de masas en la elaboración de aglomerado de banana 60% arrocillo 40%

Tabla 30.

Costo de producción de 1 kg de aglomerado de 60% banana / 40 % arrocillo

Material	Costo Kg	Peso (Kg)	Total
Fibra de Banana	\$ 1,80	0,721	\$ 1,30
Arrocillo	\$ 0,37	0,481	\$ 0,18
Autoclave	-	-	\$ 2,50
Total			\$ 3,98

El costo de elaboración de 1Kg de aglomerado seco de a 60% fibra de banana / 40% arrocillo es de \$3.98. De este Kg de Aglomerado seco se pueden elaborar 14.04 cajas (Anexos) siendo el costo de cada caja de \$0.27.

### 5.2.3. Fibra de Caña

El bagazo de caña no tiene un valor comercial por lo que suele ser utilizado como alimento para las vacas, esto permite que el costo del material sea \$0. Por ende el costo de la fibra se calcula en base al costo del transporte desde la ciudad de Ibarra a Quito en una compañía de transporte de cargas. El costo por kg es de \$0.60.

Tabla 31.

Costo de kg de fibra de caña

Material	Costo de transporte	Peso enviado (Kg)	Costo del Material	Costo Total Kg
Caña	\$ 6.00	10	\$ -	\$ 0.60

Las siguientes figuras muestran el balance de masas de la elaboración de aglomerados en base a 50% fibra de caña / 50% arrocillo y 60% fibra de caña / 40% arrocillo.

La siguiente figura muestra el balance de masas de la elaboración del aglomerado y la siguiente tabla muestra el costo de elaboración del 50% fibra de caña y 50% arrocillo:

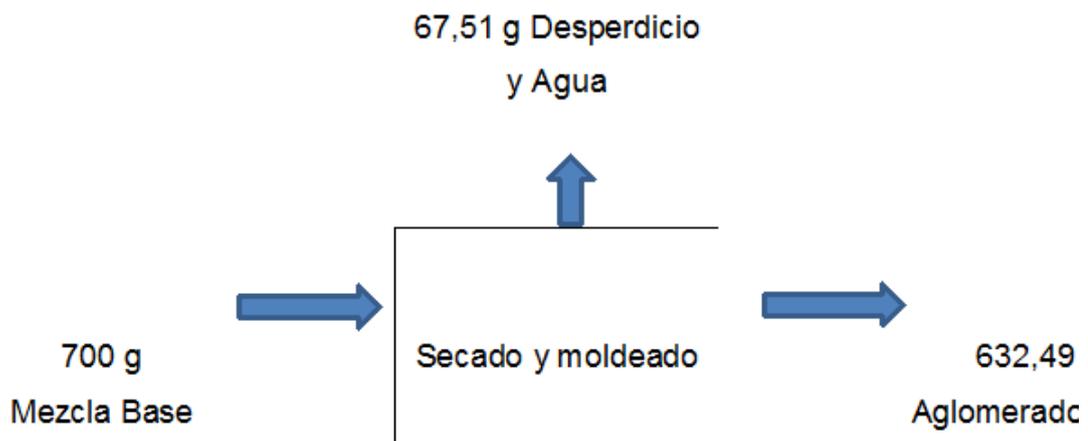


Figura 5.

Balance de masas en la elaboración de aglomerado de caña 50% arrocillo 50%

Tabla 32.

Costo de producción de 1 kg de aglomerado caña 50% / arrocillo 50%

Material	Costo Kg	Peso (Kg)	Total
Fibra de Caña	\$ 0,60	0,553	\$ 0,33
Arrocillo	\$ 0,37	0,553	\$ 0,20
Autoclave	-	-	\$ 2,50
Total			\$ 3,04

El costo de elaboración de 1Kg de aglomerado seco de a 50% fibra de caña / 50% arrocillo es de \$3.04. De este Kg de Aglomerado seco se pueden elaborar 21.6 cajas (Anexos) siendo el costo de cada caja de \$0.14.

La siguiente figura muestra el balance de masas de la elaboración del aglomerado y la siguiente tabla muestra el costo de elaboración del 60% fibra de caña y 40% arrocillo:



Ilustración 6.

Balance de masas en la elaboración de aglomerado de caña 50% arrocillo 50%

Tabla 33.

Costo de producción de 1 kg de aglomerado caña 60% / arrocillo 40%

Material	Costo Kg	Peso (Kg)	Total
----------	----------	-----------	-------

Fibra de Caña	\$ 0,60	0,688	\$ 0,41
Arrocillo	\$ 0,37	0,459	\$ 0,17
Autoclave	-	-	\$ 2,50
Total			\$ 3,08

El costo de elaboración de 1Kg de aglomerado seco de a 60% fibra de caña / 40% arrocillo es de \$3.08. De este Kg de Aglomerado seco se pueden elaborar 14.75 cajas (Anexos) siendo el costo de cada caja de \$0.21.

### 5.3. Beneficios

Al elaborar aglomerados o cualquier tipo de producto se debe tomar en cuenta que no siempre el bajo costo es el principal objetivo. Al utilizar fibras vegetales para la elaboración de aglomerados y aglutinantes que no son de origen del petróleo los beneficios a tomar en cuenta serán de carácter ambiental ya que los procesos de fabricación no contaminaran el ambiente y el empaque puede ser reutilizado.

- La materia prima para la elaboración de estos empaques se obtiene sin procesos químicos o físicos que puedan contaminar al ambiente.
- No se necesitan de agentes externos para su degradación.
- Todos los desperdicios de la elaboración pueden ser destinados al reprocesamiento o enviados a degradación.
- La maquinaria utilizada para su elaboración es de fácil acceso y bajo costo ya que a su vez puede ser realizado de manera artesanal.

- No se necesita mucha mano de obra lo que ayuda a disminuir costos.
- Presentan una ventaja estética al ser elaborada con materiales no convencionales llamando la atención del consumidor.
- Pueden ser reutilizados sin necesidad de reprocesamiento.
- El costo de elaboración de los aglomerados no es alto por lo que su precio de venta puede ser competitivo.
- Al ser realizado de manera industrial el costo de producción se puede ver reducido.

## **6. Conclusiones y Recomendaciones**

### **6.1. Conclusiones**

Tras obtener los valores de almidón que presentan las 3 variedades de arrozillo, se llega a la conclusión que el porcentaje presente en cada variedad no tiene un valor significativo para ser tomado como referente al momento de la selección lo que hace que los sólidos hidrosolubles sean el factor determinante.

La presencia de sólidos hidrosolubles en el arrozillo es la que permite que se tenga un poder gelificante, esto se debe a la presencia de amilosa que se disuelve en el agua y actúa sobre el almidón. De esta forma se crea una relación en que: > presencia de sólidos hidrosolubles > poder gelificante.

La variedad a ser escogida para la elaboración de aglomerados fue INIAP 15, esta presenta 2,59g de sólidos hidrosolubles/100g de arrozillo. Al momento de realizar los aglomerados con las fibras vegetales de coco, caña y banano esta variedad permitirá tener obtener productos con mayor uniformidad y compactos.

Los aglomerados realizados presentan valores significativos entre ellos en las pruebas de dureza, tracción y densidad, esto permitió compararlos con otros materiales utilizados para la elaboración de empaques alimentarios secundarios.

Los aglomerados al tener una mayor densidad a comparación de los materiales de uso frecuente en empaques alimentarios genera que al momento de transporte estos utilicen un mayor espacio lo que puede ocasionar un menor volumen y peso en los productos que se estén transportando.

Los aglomerados que cumplen con las mejores condiciones físicas son Coco 60%/Arrocillo 40% y Banano 60%/Arrocillo 40%. Estas dos presentan una mayor dureza y fuerza de tracción a comparación de los demás tratamientos. Los valores que estos presentaron son mejores que los diversos materiales utilizados para la elaboración de empaques alimentarios secundarios como son: la espuma de poliuretano, el papel kraft, el cartón simple y el cartón corrugado.

Los aglomerados al ser utilizados como empaques secundarios en el caso de chocolate permitieron que las muestras conserven sus propiedades de dureza y color ya que no presentan un análisis significativo en contraste con la muestra testigo.

El realizar un análisis costo/beneficio de los aglomerados mostro el costo de producción de los 6 tratamientos realizados y los beneficios que se obtienen al compararlos con otros materiales.

Los costos de los empaques elaborados son de bajos ya que los precios de producción van desde \$0,14 (Caña 50% / Arrocillo 50%) siendo el más barato hasta \$0.34 (Coco 70% / Arrocillo 30%) el de mayor costo de producción.

El costo de la elaboración del aglomerado es mayor ante el costo de la espuma de poliuretano, el papel kraft y el cartón. El beneficio que presenta el uso del aglomerado como empaque es la estética en la presentación del producto y el tiempo de vida útil del empaque ya que puede ser reutilizado y soporta condiciones ambientales como el agua y calor.

## **6.2. Recomendaciones**

La obtención de una variedad específica de arrozillo es complicada puesto que las piladoras mezclan todo el arroz para someterlo al mismo tratamiento de pilado, se recomienda buscar piladoras que procesen en su mayoría la variedad deseada.

El arrozillo adquirido en las piladoras se recibe con materiales externos como piedras y cascarilla por lo que se recomienda una limpieza previa al uso del arrozillo.

El secado correcto de las fibras vegetales se debe realizar en zonas donde se evite la contaminación cruzada, esto se debe a que las fibras al tener altos niveles de agua cuando están frescas y una gran cantidad de nutrientes que permiten la proliferación de microorganismos.

Las fibras vegetales deben ser reducidas al menor tamaño de partícula posible, esto se realiza de manera más sencilla con una picadora y con un bajo porcentaje de humedad.

Se debe prensar durante el secado para obtener un producto sin deformaciones.

Los costos de producción pueden verse reducidos si la materia prima se traslada en mayores cantidades abaratando el transporte.

La ubicación de la industria debe estar cerca de donde proviene la materia prima por lo que procesar los aglomerados en la costa abarata costos.

## Referencias

Acevedo, M. (2006). Origen, evolución y diversidad del arroz .

Agro, R. e. (2013). Produccion, precios y exportacion del arroz Ecuatoriano. El Agro.

Andrade, F. (2007). Manual del Cultivo de Arroz. Guayaquil.

Arango, L. (2014). El Bagazo de Caña y sus Diferentes Actividades.

- Arroz, P. M. (10 de Mayo de 2016). Producción Mundial Arroz. Recuperado el 6 de Junio de 2016, de <https://www.produccionmundialarroz.com/>
- Asociación de Corrugadores del Caribe, C. y. (2014). Métodos e Instrumentos de Prueba para el Cartón Corrugado.
- Barona, J. (3 de Septiembre de 2015). Se incrementa producción arroceras de Ecuador con la entrega de semilla certificada e insumos, asegura Ministerio de Agricultura. Andes.
- Chavez, R. (2016). Espuma de Poliuretano: aislante industrial. Quito.
- Contreras, W., Owen, M., Garay, D., & Contreras, Y. (1999). Elaboracion de Tableros Aglomerados de Particulas de Cana Brava.
- D. Boerma, J. C. (2008). Consulta de Expertos sobre Indicadores de Nutricion para la Biodiversidad. Roma: Viale delle Terme di Caracalla.
- Dacosta, Q. (4 de Julio de 2008). Bomba Bistro. Recuoerado el 6 de Junio de 2016 desde [www.noselepuedellamarcocina.com/2008/07/04/la-harina-de-arroz-como-espezante-estabilizante-y-gelificante-intantaneo/](http://www.noselepuedellamarcocina.com/2008/07/04/la-harina-de-arroz-como-espezante-estabilizante-y-gelificante-intantaneo/)
- Española, R. L. (2016). Diccionario.
- FAO. (2004). Arroz y nutrición Humana.
- FAO. (2012). Perspectivas a plazo medio de los productos básicos agrícolas Banano.
- FAO. (2015). Recuperado el 06 de Junio de 2016, de FAO: <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s08.htm>
- FAO. (2015). Seguimiento del Mercado del Arroz de la FAO.
- FAO. (2016). Seguimiendo del mercado mundial del Arroz, Abril 2016.
- Fernandez, J. (2011). Biocombustibles Derivados del Maiz. Espana: Mundi Prensa.
- Freile, R. (2014). Informe 8: Obtencion de Gluten. Quito.

- Garcia, W. (2012). El Sistema Agroalimentario del Banano en el Ecuador.
- GlobalBuyer. (2012). Características en información sobre el cartón. Mexico.
- INEN. (1995). NTE INEN 2 021. Quito.
- Januário, F., & Beraldo, A. (2010). Tableros de partículas de bambú (*Bambusa vulgaris* Schrad) y resina poliuretana a base de aceite de rícino (*Ricinus communis* L.).
- Lang, A. M. (14 de Agosto de 2012). SlideShare. Recuperado el 01 de Junio de 2016, de <http://es.slideshare.net/ArianeLang/extraccin-almidones>
- Latham, M. (2002). Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo. Ithaca.
- Lopez, S. (2013). Extracción de Almidón de Arroz a partir de Arroz de Rechazo Molido como Viscosante en la Elaboracion de Cinco Cosmeticos. Guatemala.
- Lopez, S., & Diaz, G. (2012). EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE ARROZ DE RECHAZO MOLIDO COMO VISCOSANTE EN LA ELABORACIÓN DE CINCO COSMÉTICOS. Guatemala.
- MAGAP. (2015). Ecuador aumenta exportación de banano en el 2015.
- Manrique, A. R. (2012). Aprovechamiento de los Residuos del Pseudotallo del Banano Comun y del Bocadillo para la Extraccion de Fibras Naturales. Pereira.
- Mathon, Y. (2012). Envases y Embalajes. San Martin : INTI.
- Mendez, P. (2008). Análisis del Mercado Mundial del Arroz. Zaragoza.
- Meraz, L., Quintanilla, M., & Garcia, I. (2014). Estudio de la Humectación de Aglomerados de Maltodextrina a través del Ángulo de Contacto. México.
- Morreira, K. (2013). Reutilización de Residuos de la Cáscara de Bananos y Plátanos para la Producción de Alimentos para el Consumo Humano. Guayaquil.

- OCDE-FAO. (2015). Azúcar.
- ONU, N. U. (1998). Protocolo de Kyoto. Tratado del protocolo de kyoto. Kyot.
- Padilla, M. (2013). Utilización del Banano de Rechazo para la Alimentación de Cerdos. Costa Rica.
- Pasquel, W. (16 de Febrero de 2015). Arroceros Ecuatoianos proyectan un 25% más de produccion. El Comercio.
- Pilco, J. (2015). Informe Técnico de Caña de Azucar. Quito.
- Polo, M. (2016). El Arroz para el Mundo. Habana.
- Procaña. (2015). Historia de la Caña de Azúcar. Asociacion Colombiana de Productores de Caña de Azúcar.
- Produccion, precio y compra de arroz ecuatoriano. (2014). Revista el Agro.
- ProEcuador. (2015). Análisis Sectorial del Plátano.
- Quintanilla, M. (2012). Industrialización de la Estopa de Coco.
- Ramirez, B. (2015). Gelatinización y Gelificación de Almidones. Perú.
- Roca, G., & Sánchez, C. (2012). Caracterizacion del Bagazo de Caña de Azúcar.
- RockWool. (2016). RockPlus Kraft. Madrid.
- Selke, S. (Abril de 2007). Materiales biodegradables para empaques sostenibles. (T. d. Plastico, Entrevistador)
- SINAGAP. (01 de Febrero de 2016). Ministerio Agricultura. Recuperado el 6 de Junio de 2016, de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/comercializacion-arroz>
- Stem. (2016). Catalogo Productos 2016. Barcelona.
- Tapia, C. (2007). Elaboración de Tableros de Particula Fina a partir de Residuos Lignocelulosicos y Resinas Termoestables. Guayaquil.

Tomala, W. (2015). Estudio para la Factividad de Siembra de 10 hectareas de Coco en la comuna Valdivia, Peninsula de Santa Elena. La Libertad.

Vargas, C. (2016). Informe tecnico. Guayaquil.

Vargas, C. (2016). Porcentajes de Producción. Guayaquil.

Villon, J. (14 de Marzo de 2015). El arroz sube de precio en el campo y la libra llega a \$0,45. El Universo.

Zanuttini, M., Antúez, C., & Clemente, A. (2008). Propiedades del papel.

## **Anexos**



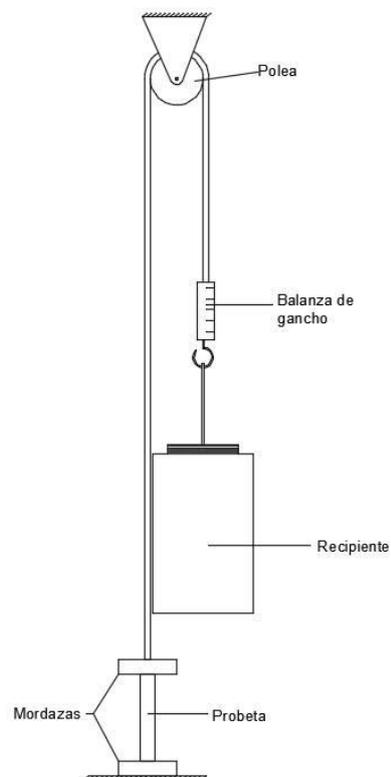
Anexo 1.  
Muestras dentro del aglomerado



Anexo 2.  
Prueba de dureza de aglomerado



Anexo 3.  
Prueba de densidad de aglomerado



Anexo 4.  
Esquema de equipo para medición de tracción



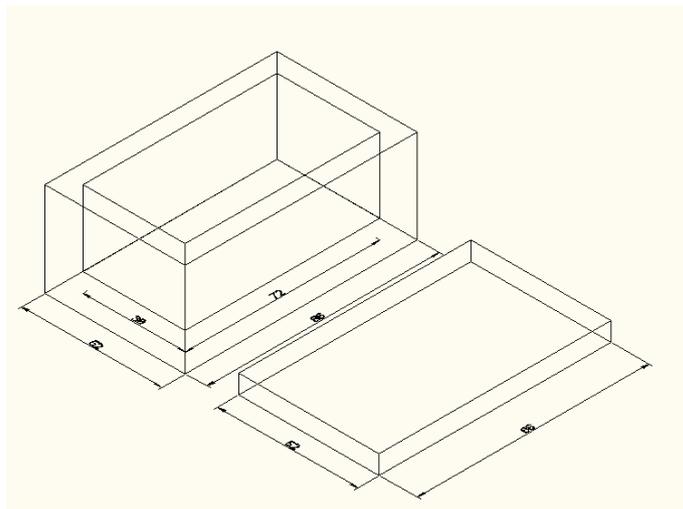
Anexo 5.  
Prueba de dureza en muestras



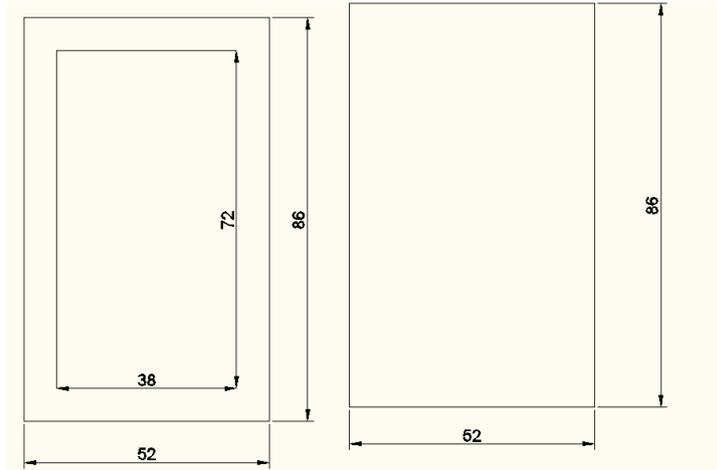
Anexo 6.  
Obtención de indicadores de las muestras con el colorímetro



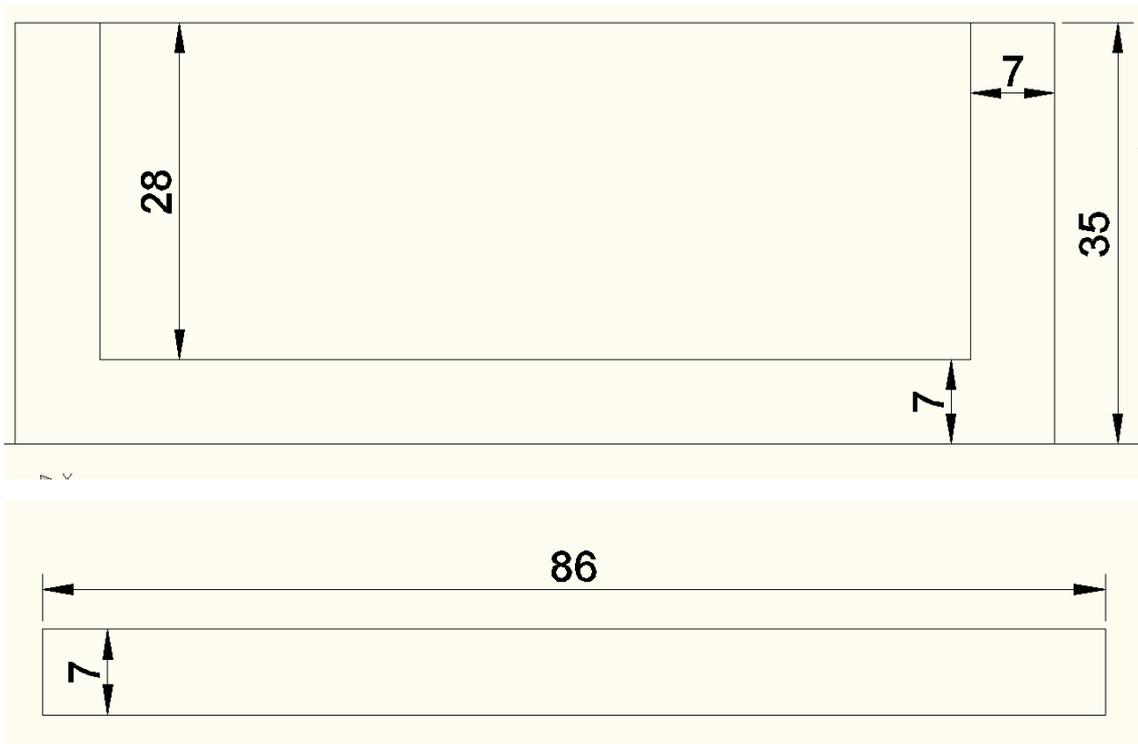
Anexo 7.  
Empaque secundario armado



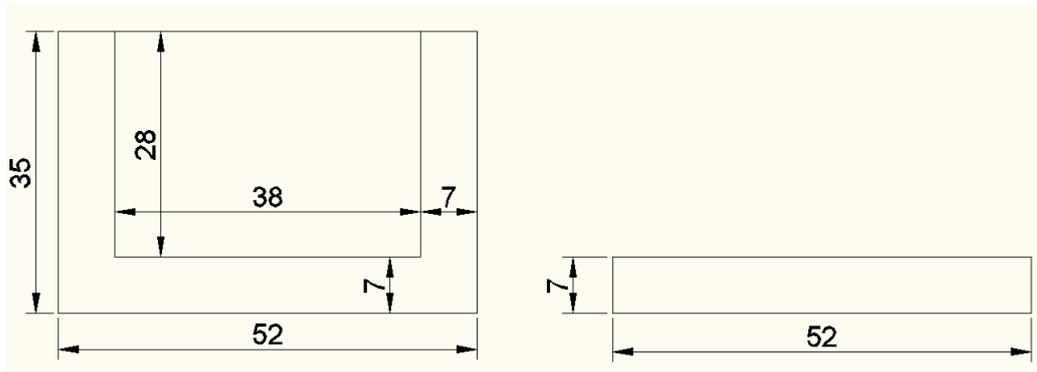
Anexo 8.  
Vista isométrica de planos de empaques



Anexo 9.  
Vista superior de planos de empaques



Anexo 10.  
Vista lateral de plano de aglomerados



Anexo 11.  
Vista frontal de plano de aglomerado

