



**ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL**

**Tema:**

**CASCARILLA DE ARROZ APLICADA EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS DE DISEÑO INDUSTRIAL.**

**Línea de Investigación:**

Gestión, desarrollo, innovación e industria.

**Disertación de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Diseño Industrial**

**Autor:**

GIOVANNI DAVID SALINAS VELEZ

**Director/a:**

ING.MG. DANIEL MARCELO ACURIO MALDONADO

Ambato - Ecuador

**Noviembre 2019**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL  
ECUADOR**

**SEDE AMBATO**

**HOJA DE APROBACIÓN**

**Tema:**

CASCARILLA DE ARROZ APLICADA EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS DE  
DISEÑO INDUSTRIAL.

**Línea de investigación:**

Medio ambiente, salud y equidad

**Autor:**

GIOVANNI DAVID SALINAS VELEZ

Daniel Marcelo Acurio Maldonado, Ing. Mg.

f.

**CALIFICADOR**

Concepción del Carmen Bedón Vaca, Arq. Mg.

f.

**CALIFICADOR**

Michele Paulina Quispe Morales, Dis. Mg.

f.

**CALIFICADOR**


Gabriel Alejandro Núñez Escobar, Ing. Mg.

f.

**DIRECTOR ESCUELA DISEÑO INDUSTRIAL**

Hugo Rogelio Altamirano Villarreal, Dr.

**SECRETARIO GENERAL**

 Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador  
SECRETARÍA GENERAL  
PROCURADURÍA

Ambato - Ecuador

 Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador  
BIBLIOTECA

Noviembre 2019

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, Giovanni David Salinas Velez portador de la cédula de ciudadanía y/o pasaporte No.180442603-7, declaro que los resultados obtenidos en el proyecto de titulación y presentados en el informe final, previo a la obtención del título de Ingeniero en diseño industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales.

En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto, y luego de la redacción de este documento, son y serán de mi sola y exclusiva responsabilidad legal y académica.



A handwritten signature in blue ink is written over a horizontal line. The signature is cursive and appears to read 'Giovanni David Salinas Velez'.

Giovanni David Salinas Velez

CL 180442603-7

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por acompañarme en cada paso que doy y guiarme para poder alcanzar cada una de mis metas propuestas, también agradezco a mi familia por el soporte y confianza brindada.

Quiero agradecer de manera muy especial a mi director de tesis, Ing. Daniel Acurio, por brindarme siempre su apoyo incondicional y compartirme sus conocimientos para llevar a cabo este proyecto.

Agradezco también a mis maestros por la enseñanza brindada a lo largo de mi carrera.

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a mi familia por inculcarme los valores necesarios a lo largo de mi vida. A mi madre por ser mi guía, ejemplo y ayudarme en el cumplimiento de mis sueños y anhelos, a mi padre por ser mi soporte y brindarme siempre su apoyo incondicional para alcanzar mis metas, a mis hermanos por impulsarme cada día a ser mejor.

Quiero dedicar también, a mis tíos por su ayuda incondicional y por enseñarme el verdadero significado del compromiso y el esfuerzo diario para llegar a cumplir las metas.

## RESUMEN

El presente proyecto tiene por objetivo realizar productos de diseño con la utilización de la cascarilla de arroz; y, el aprovechamiento de las características que el material ofrece. El pilado del grano de arroz requiere un proceso, este luego de ser secado, separado de piedras e impurezas a través de la tolva es tamizado, molido, y finalmente se obtiene la separación del grano y su envoltorio que es la cascarilla de arroz. Es considerado un subproducto el cual posee características físicas, químicas y térmicas; de entre las propiedades se menciona que es un buen aislante térmico y acústico, así como la de retención y absorción de la humedad, lo cual ha sido comprobado mediante análisis de laboratorio. El Ecuador es un país de gran producción de esta gramínea, se encuentra la materia a disposición, sin haber sido explotada de forma adecuada, por lo que esta investigación se centra en el análisis de la resistencia del material para múltiples aplicaciones en el diseño industrial. El desarrollo de esta investigación ha sido realizado mediante la aplicación de la metodología proyectual de Archer (1986), a través de las diferentes etapas, mismas que permiten de forma organizada genera un proceso de prueba y aplicación. La parte inicial es la fabricación de probetas, usa diferentes aglutinantes, en cuanto a cantidad y calidad de dureza; cada ensayo ha sido comprobado en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua ubicado en la ciudad de Ambato, con maquinaria de prueba de materiales en cuanto a factores mecánicos, como es la flexión y tracción basado en estándares de calidad ASTM, lo que permite determinar la composición de mejores características para la construcción de productos. La finalidad de este proyecto se centra en la transformación de una materia prima común para su aplicación en objetos de diseño con alto nivel de innovación.

## ABSTRACT

The aim of this project is to design products using rice hulls by taking advantage of the material's characteristics. Shelling of the rice grain requires a process: first the rice is dried and separated from pebbles and impurities with a Hopper. It is then grinded and separated from the grain. The husk can be used as a byproduct with physical, chemical and thermal characteristics. Its most noteworthy property is that it is a great thermal and acoustic insulant. In addition, its absorption and retention of humidity has been demonstrated in a laboratory. Ecuador is a country that produces great amounts of this grain; therefore, this material is readily available. However, it has not been properly utilized, therefore, this study is centered on the analysis of the material's resistance for various uses in industrial design. The research has been conducted using Archer's Project Methodology (1986) following its various stages which facilitate its trial and application in an organized manner. The initial stage is the test tube fabrication, using various binders to show levels of quantity and strength. Each sample has been tested at the Centro de Fomento Productivo Metalmeccanico Carrocero de Tungurahua, located in the city of Ambato, with testing tools to demonstrate flexibility and traction based on ASTM quality standards, making it possible to determine the composition of the best characteristics for the creation of products. The aim of this project is to transform common raw material and use it to design objects that are highly innovative.

**Key words:** design, characteristics, process, byproduct, physical, chemical, thermal, acoustic, bending, traction.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|   |      |
|---|------|
| <b>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR</b> .....                        | ii   |
| <b>SEDE AMBATO</b> .....  | ii   |
| <b>HOJA DE APROBACIÓN</b> .....   | ii   |
| <b>DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD</b> .....                      | iii  |
| <b>AGRADECIMIENTO</b> .....   | iv   |
| <b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....   | viii |
| <b>TABLA DE ILUSTRACIONES</b> .....   | x    |
| <b>CAPÍTULO I</b> .....   | 1    |
| <b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....   | 1    |
| 1.1    Descripción del problema.....  | 1    |
| 1.3    Formulación de la meta .....   | 4    |
| 1.4    Justificación.....   | 5    |
| 1.5    Objetivos .....  | 6    |
| 1.6    Variables.....   | 6    |
| 1.6.1    Variable Independiente.....  | 6    |
| 1.6.2    Variable Dependiente .....   | 6    |
| <b>CAPITULO II</b> .....  | 7    |
| <b>MARCO TEÓRICO</b> .....  | 7    |
| 2.1.    Definiciones y conceptos.....   | 7    |
| 2.1.1.    El arroz.....   | 7    |
| 2.1.1.1.    Origen del arroz.....   | 7    |
| 2.1.1.2.    Principales zonas productoras de arroz en el Ecuador.....           | 9    |
| 2.1.1.3.    Variedades de arroz.....  | 10   |
| 2.1.1.4.    Descripción de proceso de pilado de arroz .....                     | 14   |
| 2.1.1.5.    Subproductos de la industria del arroz.....                         | 17   |
| 2.1.2.    Cascarilla de arroz.....  | 20   |
| 2.1.2.1.    Características de la cascarilla de arroz.....                      | 21   |
| 2.1.2.2.    Composición de la cascarilla de arroz .....                         | 23   |
| 2.1.2.3.    Usos de la cascarilla de arroz .....                                | 24   |
| 2.1.2.4.    Usos de la cascarilla de arroz como complementos industriales ..... | 28   |
| 2.1.3.    Diseño industrial.....  | 29   |
| 2.1.3.1.    Características del diseño industrial .....                         | 30   |

|  |  |            |
|--|--|------------|
| 2.1.3.2.                               | Campos de acción del diseño industrial.....                  | 31         |
| 2.1.3.3.                               | Producto Industrial .....                                    | 32         |
| 2.1.3.4.                               | Categorías de productos industriales .....                   | 34         |
| 2.2.                                   | Estado del arte .....  | 36         |
| <b>METODOLOGÍA .....</b>               |  | <b>43</b>  |
| 3.1.                                   | Enfoque del proyecto.....                                    | 43         |
| 3.2.                                   | Modalidad de investigación.....                              | 43         |
| 3.3.                                   | Grupo de estudio .....                                       | 44         |
| 3.4.                                   | Técnicas e instrumentos .....                                | 45         |
| 3.5                                    | Instrumentos .....   | 45         |
| 3.5.2                                  | Análisis de la información obtenida de las entrevistas ..... | 49         |
| 3.5.3                                  | Análisis e interpretación de las fichas de observación.....  | 50         |
| 3.6                                    | Metodología experimental.....                                | 52         |
| 3.7                                    | Medidas estandarizadas norma ASTM D3039/D3039M-14 .....      | 54         |
| 3.8                                    | Medidas estandarizadas norma ASTM D7264/D7264M-15 .....      | 55         |
| 3.9                                    | Pruebas experimentales .....                                 | 57         |
| 3.10                                   | Análisis de probetas.....                                    | 58         |
| 3.11                                   | Análisis e interpretación de resultados .....                | 62         |
| <b>DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....</b> |  | <b>74</b>  |
| 4.1                                    | Objetivo/ tema y datos informativos .....                    | 74         |
| 4.2                                    | Antecedentes y justificación.....                            | 74         |
| 4.3                                    | Fuentes de inspiración o base de expresión gráfica.....      | 75         |
| 4.4                                    | Propuesta Gráfica .....                                      | 75         |
| 4.4.1                                  | Marca.....   | 75         |
| 4.4.3                                  | Isotipo.....   | 77         |
| 4.4.4                                  | Logotipo .....   | 77         |
| 4.4.5                                  | Malla reticular .....  | 78         |
| 4.4.6                                  | Costo de lámpara .....                                       | 102        |
| 4.5                                    | Costo parlante acústico y jardineras .....                   | 112        |
| 4.7                                    | Evaluación Preliminar .....                                  | 120        |
| <b>CAPITULO V.....</b>                 |  | <b>123</b> |
| 5.1                                    | <b>Conclusiones</b> .....                                    | <b>123</b> |
| 5.2                                    | <b>Recomendaciones</b> .....                                 | <b>124</b> |
| <b>REFERENCIAS .....</b>               |  | <b>125</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                    |  | <b>130</b> |

## TABLA DE ILUSTRACIONES

### **Ilustraciones:**

|  |    |
|--|----|
| Ilustración 1. 1: Producción mundial de arroz.....                     | 1  |
| Ilustración 1. 2: Producción de arroz en Asia.....                     | 2  |
| Ilustración 1. 3: Producción de arroz en Sur América.....              | 3  |
| Ilustración 2. 4: Proceso de pilado de arroz.....                      | 14 |
| Ilustración 2. 5: Grano de arroz.....                                  | 16 |
| Ilustración 2. 6: Arroz integral.....                                  | 17 |
| Ilustración 2. 7. Arroz blanco.....                                    | 18 |
| Ilustración 2. 8. Salvado de arroz.....                                | 18 |
| Ilustración 2. 9. Arrocillo.....                                       | 19 |
| Ilustración 2. 10. Tamo.....   | 19 |
| Ilustración 3. 11: Resultados del funcionamiento de las piladoras..... | 49 |
| Ilustración 3.12: Probetas.....  | 52 |
| Ilustración 3. 13: Método de experimentación.....                      | 53 |
| Ilustración 3. 14: Método de experimentación.....                      | 54 |
| Ilustración 3. 15: Tabla de dimensiones.....                           | 55 |
| Ilustración 3. 16: Probetas de ensayo.....                             | 55 |
| Ilustración 3. 17: Tabla de dimensión de muestra.....                  | 56 |
| Ilustración 3. 18: Probetas de ensayo.....                             | 56 |
| Ilustración 3. 19: Probeta material #1.....                            | 58 |
| Ilustración 3. 20: Material probeta # 2.....                           | 59 |
| Ilustración 3. 21: Material probeta #3.....                            | 59 |
| Ilustración 3. 22: Material probeta #4.....                            | 60 |
| Ilustración 3. 23: Material Probeta #5.....                            | 61 |

|   |     |
|---|-----|
| Ilustración 3. 24: Ensayo de tracción.....                          | 62  |
| Ilustración 3. 25: Parámetros y Velocidades.....                    | 63  |
| Ilustración 3. 26: Informe de resultados .....                      | 64  |
| Ilustración 3. 27: Recepción e identificación de probetas. ....     | 65  |
| Ilustración 3. 28: Hoja de almacenamiento de muestras.....          | 66  |
| Ilustración 3. 29: Resultados.....                                  | 67  |
| Ilustración 3. 30: Ensayo de Flexión.....                           | 68  |
| Ilustración 3. 31: Parámetros Velocidades y Cálculos.....           | 69  |
| Ilustración 3. 32: Ensayo de Flexión de materiales compuestos ..... | 70  |
| Ilustración 3. 33: Ensayo Solicitado .....                          | 71  |
| Ilustración 3. 34: Resultados 2.....                                | 72  |
| Ilustración 3. 35: Muestras de entrega al cliente.....              | 73  |
| Ilustración 4. 36: Fuente de inspiración.....                       | 75  |
| Ilustración 4. 37: Método de diseño.....                            | 82  |
| Ilustración 4. 38: Problemas .....                                  | 84  |
| Ilustración 4. 39: Procesos constructivos bloque y teja.....        | 89  |
| Ilustración 4. 40: Moodbard Estilo Zen .....                        | 91  |
| Ilustración 4. 41: Mapa briefing.....                               | 92  |
| Ilustración 4. 42 Síntesis gráfica lámpara colgante .....           | 94  |
| Ilustración 4. 43 Ficha lámpara colgante .....                      | 94  |
| Ilustración 4. 44 Prototipo y funcionalidad lámpara.....            | 95  |
| Ilustración 4. 45 Render lámpara .....                              | 95  |
| Ilustración 4. 47 Síntesis grafica parlante acústico.....           | 103 |
| Ilustración 4. 47: Jardinera ficha de modelado boceto .....         | 103 |
| Ilustración 4. 49 Parlante acústico ficha modelado boceto.....      | 104 |

|  |     |
|--|-----|
| Ilustración 4. 49 Jardinera y Parlante acústico..... | 104 |
| Ilustración 4. 50 Render Jardinera .....             | 105 |
| Ilustración 4. 51 Síntesis gráfica porta velas ..... | 113 |
| Ilustración 4. 52 Ficha parlante acústico.....       | 113 |
| Ilustración 4. 53 Ficha porta velas .....            | 114 |
| Ilustración 4. 54 Lámpara .....                      | 118 |
| Ilustración 4. 55 Porta Velas.....                   | 119 |

**Imágenes:**

|  |    |
|--|----|
| Imagen 1.4.1. Logotipo.....                        | 76 |
| Imagen 2.4.2. Tipografía.....                      | 76 |
| Imagen 3.4.3. Isotipo .....                        | 77 |
| Imagen 4.4.4 Logotipo.....                         | 77 |
| Imagen 5.4.5. Malla reticular.....                 | 78 |
| Imagen 6.4.6. Escala de grises.....                | 79 |
| Imagen 7.4.7 Soporte en positivo y negativo.....   | 80 |
| Imagen 8.4.8. Límite de seguridad.....             | 80 |
| Imagen 9.4.9. Versiones de uso permitido.....      | 81 |
| Imagen 10.4.10. Versiones de uso no permitido..... | 81 |

**Tablas:**

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 2. 1: Producción arroceras en el Ecuador.....                                   | 9   |
| Tabla 2. 2: Arroz: superficie, producción y rendimiento a nivel nacional.....         | 10  |
| Tabla 2. 3: Principales características, variedades de arroz liberadas por INIAP..... | 12  |
| Tabla 2. 4: Poder calorífico inferior de la cascarilla de arroz.....                  | 22  |
| Tabla 2. 5: Poder calorífico inferior de la cascarilla de arroz.....                  | 23  |
| Tabla 2. 6: Composición general de la cascarilla de arroz .....                       | 24  |
| Tabla 2. 7: Usos de la cascarilla de arroz como complementos industriales .....       | 28  |
| Tabla 3. 8: Entrevistas y análisis a los propietarios de las piladoras 1 .....        | 46  |
| Tabla 3. 9: Entrevistas y análisis a los propietarios de las piladoras 2 .....        | 46  |
| Tabla 3. 10: Entrevistas y análisis a los propietarios de las piladoras 3 .....       | 47  |
| Tabla 3. 11: Entrevistas y análisis a los propietarios de las piladoras 4 .....       | 47  |
| Tabla 3. 12: Entrevistas y análisis a los propietarios de las piladoras 5 .....       | 48  |
| Tabla 3. 13: Ficha de observación 1 .....   | 50  |
| Tabla 3. 14: Ficha de observación 2.....  | 50  |
| Tabla 3. 15: Porcentajes en relación al volumen .....                                 | 52  |
| Tabla 3. 16: Pruebas experimentales .....   | 57  |
| Tabla 4. 17: Tipos y usos de las propiedades de la cascarilla.....                    | 90  |
| Tabla 4. 18: Productos a desarrollarse.....   | 93  |
| Tabla 4. 19: Costo de lámpara.....  | 102 |
| Tabla 4. 20: Costo parlante acústico y jardineras .....                               | 112 |
| Tabla 4. 21: Costo porta velas .....  | 116 |
| Tabla 4. 22: Costo Materiales.....  | 117 |
| Tabla 4. 23: Evaluación preliminar .....  | 120 |

**Gráficos:**

|   |     |
|---|-----|
| Gráfico 4. 1: Costos parlante acústico y jardineras ..... | 117 |
| Gráfico 4. 2: Lámpara .....                               | 120 |
| Gráfico 4. 3: Porta Velas .....                           | 121 |
| Gráfico 4. 4: Parlante acústico .....                     | 121 |
| Gráfico 4. 5: Jardinera.....                              | 122 |

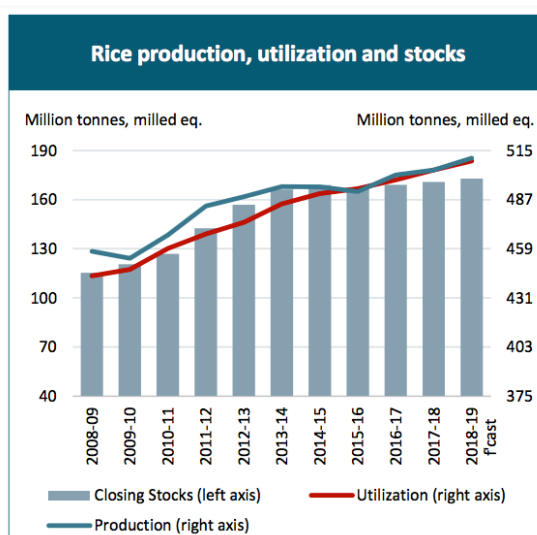
# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción del problema

El problema principal detectado es la subutilización de residuos de la producción de arroz. Desde diciembre del 2017 hasta abril 2018 la FAO (Food and Agriculture Organization) ha elevado el pronóstico mundial de producción de arroz en 2,9 millones de toneladas llega a 759,6 millones de toneladas, es decir la producción global superaría el record del 2016 de 0.6% (Nations, 2018). Por lo cual se interpreta que existe una mayor cantidad de residuos de producción entre ellos la cascarilla.

**Ilustración 1. 1: Producción mundial de arroz**

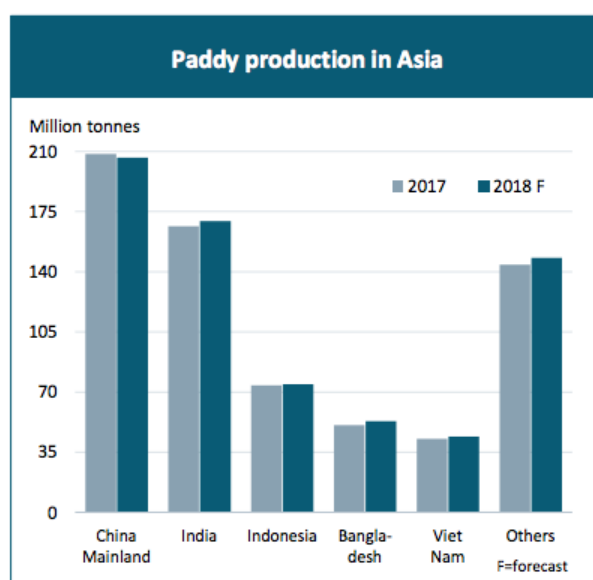


**Fuente: Nations, (2018) Nations, Food and Agriculture Organization of the United, pp. 1-35**

El mayor productor a nivel mundial es Asia, aunque en varios países asiáticos vieron interrumpido las actividades de cultivo por las inundaciones o la sequía durante el ciclo de cultivos principales, este año registra una deficiencia de 0.7% del aumento anual a 686,7 millones de toneladas por lo tanto existe gran cantidad de subproductos del pilado

de arroz entre ellos el tamo o cascarilla de arroz. Debido al desarrollo tecnológico en esta zona del mundo se producen varios métodos de utilización de los residuos del arroz como el desarrollo de un sistema para la producción ecológica de sílice amorfa que se utiliza en la fabricación de varios productos como: farmacéuticos, cosméticos, pinturas entre otros. (Technology, 2016)

**Ilustración 1. 2: Producción de arroz en Asia**

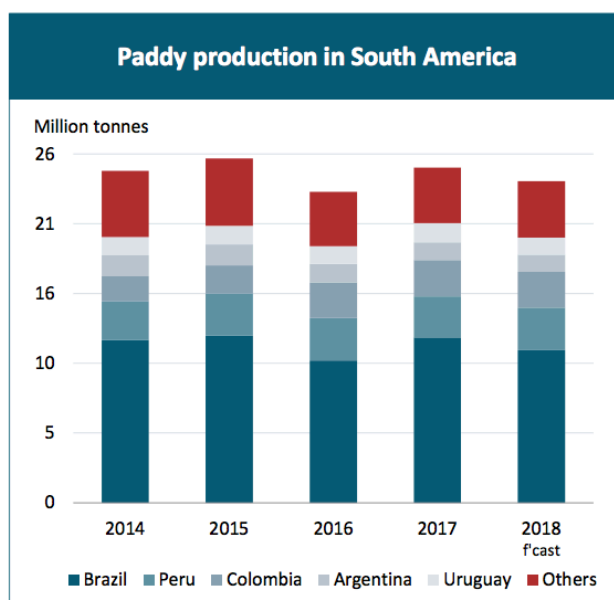


**Fuente: Technology, (2016) Technology, Chinese plant to turn rice husks into amorphous silica using Risilica, pp 1-15**

Mientras tanto que en América latina y el Caribe donde el clima es favorable, impulsó los rendimientos de todos los tiempos registrados, lo que resulta una recuperación de producción del 7% a 28,0 millones de toneladas. En América Latina y El Caribe después de haber presentado un período de crecimiento en el 2014 de 1% y en el 2015 de 17%, la producción de arroz registró una reducción significativa, en consecuencia de una menor superficie de cultivo y volumen de producción, ocasionados por los temores de tipo climático que se pronosticó a inicios del año. A diferencia del 2016 en donde la FAO indica que, la producción mundial de arroz bajó solamente un 5% respecto al

2015. Esta contracción afectó principalmente a las regiones asiáticas donde lluvias tardías o insuficientes fueron desfavorables para las cosechas. La producción también bajó en Estados Unidos por falta de agua; mientras que la producción se incrementó en el Mercosur, gracias a mejores condiciones climáticas.

**Ilustración 1. 3: Producción de arroz en Sur América**



**Fuente: Nations, (2018) Food and Agriculture Organization of the United, pp. 1-35**

Según datos estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, las perspectivas para la producción de arroz no son muy positivas en América Latina y el Caribe y apuntan a una producción de 26,1 millones de toneladas, la más baja en seis años. La reducción obedecería a las pérdidas registradas en la Argentina, Bolivia, el Brasil, Ecuador, Guyana, Paraguay, el Uruguay y Venezuela debido a una combinación de condiciones meteorológicas desfavorables y a unas perspectivas de márgenes comerciales reducidos, además de una desaceleración del ritmo de recuperación en América Central y el Caribe ocasionada por daños causados por la sequía, fenómenos naturales y tormentas. Una mirada hacia el futuro, el organismo internacional prevé que los envíos mundiales de arroz en el año civil 2017

alcanzarán los 42,9 millones de toneladas, lo que supone una recuperación parcial (2,0 por ciento) con respecto al bajo nivel del 2016 (FAO, 2017).

La cascarilla de arroz, un material de desecho de la industria arrocera que se ha convertido en un problema de contaminación ambiental, los molinos, piladoras o demás plantas procesadoras de arroz se encuentran cerca de las zonas urbanas o dentro de ellas. La cascarilla corresponde del 20 al 23% del peso del arroz con cáscara. Con base a estos volúmenes resulta de gran importancia conocer las aplicaciones de la cascarilla, pues en diversos lugares, generalmente causa problemas y costos adicionales. Muchas tentativas para utilizar la cascarilla fracasan, ya sea por desconocimiento de las propiedades de esta biomasa o por problemas de manejo, la cascarilla de arroz se dejó de utilizar como abono para los cultivos, así también como alimento para animales, convierte a este desecho en un riesgo de impacto ambiental limita su uso únicamente como relleno. (Landires, 2016)

## **1.2 Preguntas básicas**

- **¿Cómo aparece el problema que se pretende solucionar?**

Aparece por el mal uso de este desperdicio de grano de arroz.

- **¿Por qué se origina el problema que se pretende solucionar?**

Por la falta de generación de nuevos productos de diseño, que impulsen la aplicación de nuevos materiales.

## **1.3 Formulación de la meta**

Aprovechar la cascarilla de arroz para el desarrollo de nuevos productos de Diseño Industrial.

#### **1.4 Justificación**

Actualmente la cascarilla de arroz es procesada para cambiar su estructura física y ser un componente para procesos constructivos, como parte del hormigón, aporta sus características térmicas y acústicas; también es empleada para la construcción de tejas, bloques y utensilios de hogar. Sin embargo parte de un proceso investigativo esto es reestructurado para otros usos en el campo del diseño industrial, esto permitirá utilizar de una mejor manera el residuo de este material para controlar el impacto ambiental, se espera que su aplicación permita el desarrollo de objetos industriales.

Bajo esta perspectiva el aprovechamiento de la cascarilla de arroz mediante diferentes procesos, genera un gran impacto y nuevas oportunidades para el diseño industrial mediante la innovación de productos, materiales, complementos, accesorios; todo esto destinado a la industria, comercio y hogar.

La particularidad y novedad científica de este proyecto se centra en el desarrollo de productos de diseño industrial con características comerciales y técnicas ajustado a normativas ambientales, así como también reduce los costos de los mismos, por la reutilización de la cascarilla de arroz como materia prima, se considera que en el mundo se producen anualmente alrededor de 120 millones de toneladas de cáscara de arroz, sin embargo en la actualidad esta fibra vegetal se encuentra subutilizada, el arroz es un producto agrícola que se cultiva, en mayor o menor medida (Chur, 2012). La Cascarilla que se obtiene de esta producción queda como un residuo agroindustrial, que por su baja densidad ocupa grandes volúmenes y crea un gran problema a la hora de encontrar dónde depositarlo (Botina & Wilon, 2015).

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

- Aplicar la cascarilla de arroz en el desarrollo de productos de Diseño Industrial.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Identificar las características físicas de la cascarilla de arroz para el desarrollo de productos.
- Determinar los tipos de productos industriales capaces de aprovechar las propiedades de la cascarilla de arroz.
- Proponer productos de diseño industrial utilizando la cascarilla de arroz.

## **1.6 Variables**

### **1.6.1 Variable Independiente**

Desarrollo de nuevos productos de Diseño Industrial

### **1.6.2 Variable Dependiente**

Cascarilla de arroz

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Definiciones y conceptos**

##### **2.1.1. El arroz**

Es la semilla de la *Oryza sativa*; en algunas culturas culinarias sobre todo en la asiática y en algunos países de América Latina, se lo considera un elemento básico y se lo consume como un cereal. Después del maíz, es el segundo cereal más producido y utilizado como alimento humano en el mundo. El arroz pertenece a la familia de las gramíneas, necesita de zonas templadas y húmedas para crecer en albuferas anegadas de agua, es originario del Asia tropical y de allí se extendió por toda Asia. Actualmente, se cultiva en muchos países de América, Europa y África, China es el principal productor agrícola con un 30% de la producción mundial (García, 2015).

##### **2.1.1.1. Origen del arroz**

El cultivo del arroz comenzó hace casi 10.000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Posiblemente sea la India el país donde se cultivó por primera vez el arroz debido a que en ella abundaban los arroces silvestres. Pero el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China, desde sus tierras bajas a sus tierras altas. Probablemente hubo varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo (Mota, 2014)

El arroz es introducido en el sur de Europa con la invasión de los moros, a partir del siglo VIII se cultivó en España y Portugal y entre los siglos IX y X también en el sur de Italia. Durante el último milenio se ha introducido progresivamente en el resto de los

continentes (Lara, 2014). En Ecuador en el año de 1774 recogen datos de producción de la zona de Yaguachi, Babahoyo y Baba de 30 qq., 1000 qq. y 200 qq de arroz respectivamente. Es interesante hacer notar que, en la zona de Daule, actualmente típica área arroceras, no se menciona cosechas de esta gramínea, y más bien se señala un sistema de producción de ganado vacuno, cacao y algodón (INIAP, 2013).

La segunda guerra mundial provoca el cierre de mercados de países tradicionales productores de arroz, la subida de precios de este cereal y la incorporación del Ecuador como nuevo productor internacional del cultivo. Además, la crisis cacaotera estimula la rápida expansión del arroz en áreas tradicionales de la Cuenca del Guayas (INIAP, 2013).

El arroz se cultiva en la región litoral, fundamentalmente en las provincias del Guayas y Los Ríos. Las zonas arroceras del país, presentan un amplio rango en la distribución de los factores climáticos que varía desde el trópico húmedo hasta el trópico seco, con temperaturas de 20° a 30 °C, precipitaciones máximas de 2500 mm y mínimas de 500 mm por año con humedad relativa generalmente alta. Estas zonas son fértiles y su mayor limitante es la inadecuada disponibilidad de agua, factor que en extensas zonas de secado es mínimo, sujeto a las lluvias. No ha sido posible establecer con exactitud de donde vino y en qué momento llegó el arroz al hemisferio occidental, algunos autores afirman que Cristóbal Colón en su segundo viaje en 1493 trajo semillas pero no germinaron. Otro autor menciona que en el Valle del Magdalena en Colombia hubo siembras en 1580 (CORPCOM, 2015).

El arroz se cultiva principalmente en la región Costa, debido a la temperatura presente en este lugar que ayuda a potenciar la tierra, y mejorar el crecimiento del arroz por la poca disponibilidad de agua debido a las sequías constantes. Sin embargo no se ha

podido determinar de dónde surgió el arroz, pero de igual manera las primeras apariciones de arroz fueron dentro de la zona litoral (BCE, 2012).

### 2.1.1.2. Principales zonas productoras de arroz en el Ecuador

En el Ecuador las principales zonas de cultivo de arroz se ubican en: Guayas (54.52%), Los Ríos (33.13%), Manabí (7.15%), Esmeraldas (0.54%), Bolívar (0.36%), Loja (0.47%) y otras provincias (3.47%). Existen 2 ciclos muy marcados en la producción arrocerá ecuatoriana.

**Tabla 2. 1: Producción arrocerá en el Ecuador**

| <b>PROVINCIA</b> | <b>PORCENTAJE</b> |
|------------------|-------------------|
| Guayas           | 54.52             |
| Los Ríos         | 33.13             |
| El Oro           | 0.37              |
| Manabí           | 7.15              |
| Esmeraldas       | 0.54              |
| Loja             | 0.47              |
| Bolívar          | 0.36              |
| Otras provincias | 3.47              |

**Fuente: CORPCOM, (2016) Producción arrocerá en el Ecuador pp 25-50**

- El más importante de los ciclos, es la producción que se da en invierno, el mismo que produce picos de producción en los meses de Abril y Mayo, período en el que se genera el 46% de la producción y los excedentes exportables.
- El segundo período se registra en los meses de octubre y noviembre, en este ciclo la producción total anual corresponde al 32% aproximadamente.
- El 22% restante corresponde a las cosechas de enero a marzo y junio a septiembre (CORPCOM, 2015).

El rendimiento a nivel nacional según los datos estadísticos del MAGAP, desde el año 2000 hasta el 2010 son referenciados según la superficie de siembra, superficie de

cosecha y la producción de arroz en cascarilla lo cual indica que hay un crecimiento gradualmente en rendimiento de la producción.

**Tabla 2. 2: Arroz: superficie, producción y rendimiento a nivel nacional**

| <b>AÑO</b>  | <b>SUPERFICIE SEMBRADA (Ha)</b> | <b>SUPERFICIE COSECHAD (Ha)</b> | <b>PRODUCCIÓN DE ARROZ EN CÁSCARA SECO Y LIMPIO (TM)</b> | <b>RENDIMIENTO (TM/Ha)</b> |
|-------------|---------------------------------|---------------------------------|--|----------------------------|
| <b>2000</b> | 349.726                         | 338.653                         | 971.806  | 2.87                       |
| <b>2001</b> | 355.223                         | 346.407                         | 1.018.699  | 2.94                       |
| <b>2002</b> | 358.650                         | 352.145                         | 1.063.620  | 3.02                       |
| <b>2003</b> | 343.240                         | 332.837                         | 908.113  | 2.73                       |
| <b>2004</b> | 358.094                         | 348.320                         | 950.357  | 2.73                       |
| <b>2005</b> | 380.254                         | 365.044                         | 1.109.508  | 3.04                       |
| <b>2006</b> | 402.345                         | 374.181                         | 1.254.269  | 3.35                       |
| <b>2007</b> | 385.872                         | 355.002                         | 1.134.633  | 3.2                        |
| <b>2008</b> | 365.000                         | 338.270                         | 1.054.787  | 3.12                       |
| <b>2009</b> | 380.345                         | 361.328                         | 1.098.516  | 3.04                       |
| <b>2010</b> | 382.230                         | 363.119                         | 1.132.267  | 3.12                       |

**Fuente: MAGAP, (2016) Principales zonas productivas, pp 15**

### **2.1.1.3. Variedades de arroz**

El organismo regulador de semillas y el encargado de las investigaciones sobre el arroz en nuestro país es el INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias), el cual ha desarrollado un importante trabajo de investigación en la obtención de variedades de arroz que actualmente son utilizadas por los agricultores. En la provincia del Guayas y Los Ríos donde se siembra y produce la mayor cantidad de arroz, existen diferentes variedades que van desde el corriente hasta el Premium. Algunas diversidades como: INIAP 11, INIAP12, INIAP 415, INIAP 16, INIAP 7, INIAP 15 y la más reciente que es INIAP17, criollos como el 1001, e ingresadas sin registro de los países vecinos, como por ejemplo: caña brava, conejo, F-50, Carvajal, etc. (Cortez Bedón, 2017)

Existe en este caso una clasificación de arroz de acuerdo a su tamaño en longitud para cada una de las diversidades existentes. De manera general se clasifican por la forma y tamaño del grano: largo, mediano y corto o redondo. En el manual de cultivo de arroz para el Ecuador se añade una clasificación con longitud extralargo que son aquellas que presentan una longitud mayor que 7,5mm, en este primer lugar hay variedades conocidas como INIAP12, INIAP15 y la nueva INIAP17.

En segundo lugar, la longitud de largo se presenta entre 6,6mm y 7,5mm, en este caso tenemos diversidades como INIAP415, INIAP11 e INIAP14.

En tercer lugar la longitud se clasifica en: mediana, aquellas que presentan longitud entre 5,2mm y 6mm.; y, finalmente existen dimensiones cortas o redondas con una longitud menor de 5,2 mm.

Las clases de arroz de acuerdo al tipo de longitud de grano al que pertenece, poseen características químicas que las hacen diferenciar al cocinarlo, en especial los arroces con longitud de grano largo poseen alto contenido de amilosa mayor al 26%. Los arroces con un alto contenido de amilosa permanecen secos y sueltos después de cocinarse absorbe la mayor cantidad de agua con el consecuente aumento de volumen (INIAP, 2015).

Tabla 2. 3: Principales características, variedades de arroz liberadas por INIAP

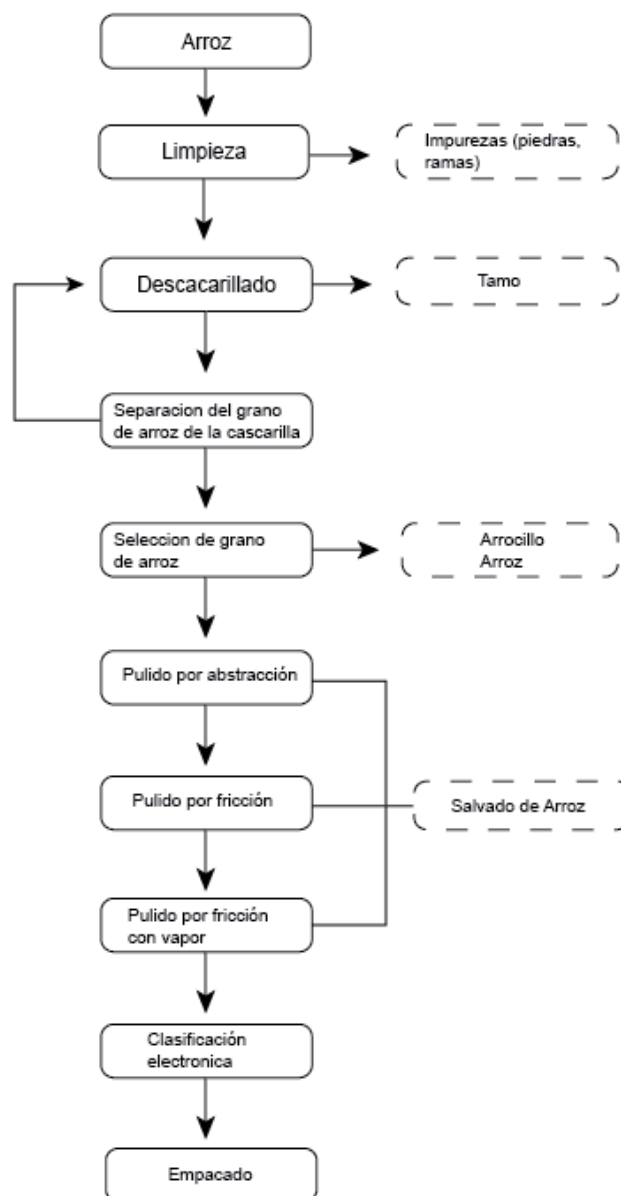
| <b>Año de liberación / Característica</b> | <b>INIAP 7<br/>1976</b>   | <b>INIAP 415<br/>1979</b> | <b>INIAP 11<br/>1989</b> | <b>INIAP 12<br/>1994</b>  | <b>INIAP 14<br/>FILIPINO<br/>1993</b> | <b>INIAP 15<br/>BOLICHE<br/>2006</b> | <b>INIAP 16<br/>2007</b>  |
|---|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| <b>Origen</b>                             | CIAT                      | CIAT                      | CIAT                     | CIAT                      | IRRI                                  | INIAP                                | INIAP                     |
| <b>Rendimiento en riego (t/ha)</b>        | 4,5 a 9                   | 4,4, a 9                  | 5 a 9                    | 5 a 9                     | 5,8 a 11                              | 5,1 a 9,0                            | 5,0 a 9,0                 |
| <b>Rendimiento en secado (t/ha)</b>       | ---                       | 4,2 a 9                   | 5,5 a 6,8                | 5 a 7                     | 4,8 a 6                               | -----                                | 4,8 a 8,0                 |
| <b>Ciclo vegetativo (días)</b>            | 125 - 145                 | 135 - 150                 | 110 - 115                | 95 - 108                  | 113 - 117                             | 117 - 128                            | 106 - 120                 |
| <b>Altura de la planta (cm)</b>           | 102 - 127                 | 100 - 118                 | 100 - 111                | 100 - 111                 | 99 - 107                              | 89 - 108                             | 93 - 109                  |
| <b>Longitud del grano (mm)</b>            | Largo                     | Largo                     | Largo                    | Extra - Largo             | Largo                                 | Extra - Largo                        | Extra - Largo             |
| <b>Índice de pilado (%)</b>               | 67                        | 69                        | 68                       | 71                        | 66                                    | 67                                   | 68                        |
| <b>Latencia en semanas</b>                | 9 -12                     | 4 - 6                     | 4 - 6                    | 4 - 5                     | 4 - 6                                 | 4 - 6                                | 7 - 8                     |
| <b>Pyricularia grisea</b>                 | Resistente                | Resistente                | Resistente               | Resistente                | Moderadamente susceptible             | Moderadamente susceptible            | Tolerante                 |
| <b>Manchado de grano</b>                  | Moderadamente susceptible | Moderadamente resistente  | Moderadamente resistente | Moderadamente resistente  | Moderadamente resistente              | Tolerante                            | Tolerante                 |
| <b>Hoja blanca</b>                        | Moderadamente susceptible | Moderadamente susceptible | Moderadamente resistente | Moderadamente susceptible | Moderadamente resistente              | Moderadamente resistente             | Tolerante                 |
| <b>Pudrición de vaina</b>                 | Moderadamente resistente  | Moderadamente resistente  | Moderadamente resistente | Moderadamente resistente  | Moderadamente resistente              | Moderadamente resistente             | Moderadamente susceptible |

Fuente: Esmeraldas, (2010) Características de las variedades de arroz liberadas por INIAP, pp 76-79

#### 2.1.1.4. Descripción de proceso de pilado de arroz

El arroz destinado al consumo humano es previamente sometido a una serie de procesos, la cáscara de gramínea entrará a un proceso conocido como pilado, donde se obtendrá arroz blanco. A continuación se presenta un diagrama de bloques que especifica el proceso industrial al que es sometido desde que se receipta hasta llegar el almacenamiento y venta (Sierra, 2012).

Ilustración 2. 4: Proceso de pilado de arroz



**Fuente:** Sierra, (2012) *Alternativas de Aprovechamiento de la Cascarilla de Arroz en Colombia* pp 1-40

A continuación, se describe el proceso del pilado:

**Recepción del arroz paddy:** el arroz suele llegar a las piladoras en sacas pesadas (205 lb.) y también en bruto, es decir en camiones o volquetes sin pesar. Algunas piladoras realizan el proceso de secado que depende de la transpiración con la que la materia prima ingresa, la humedad adecuada es de 10-13%, el secado se realiza al sol, por medio de tendales, o mediante el uso de aire caliente proveniente de secadores.

**Limpieza:** pasa a una máquina de pre-limpieza, donde se separará las impurezas mayores, piedras, ramas, semillas, grano vano y polvo. El arroz ya limpio es llevado hacia a la descascarilladora por medio de elevadores.

**Descascarillado:** en esta parte del proceso el arroz es descascarado por fricción mediante el uso de rodillos de caucho, los cuales giran hacia la dirección interna a varias velocidades, y elimina la cascarilla dura que protege al grano que se encuentra en la espiga. Así se obtiene el arroz moreno o integral, rico en vitaminas del grupo B, minerales y fibra. El problema de este arroz es que por su alto contenido de grasas insaturadas se enrancia rápidamente a temperatura ambiente, por lo que dificulta mucho su almacenamiento al tener un tiempo de vida corto. Finalizado este proceso quedará arroz Paddy que después de pasar por la etapa de descascarillado aún conserve cascarilla; es por ello que pasa a una mesa separadora, la cual detecta este tipo de granos para retornar al descascarillado y permite el paso del arroz integral a la siguiente etapa.

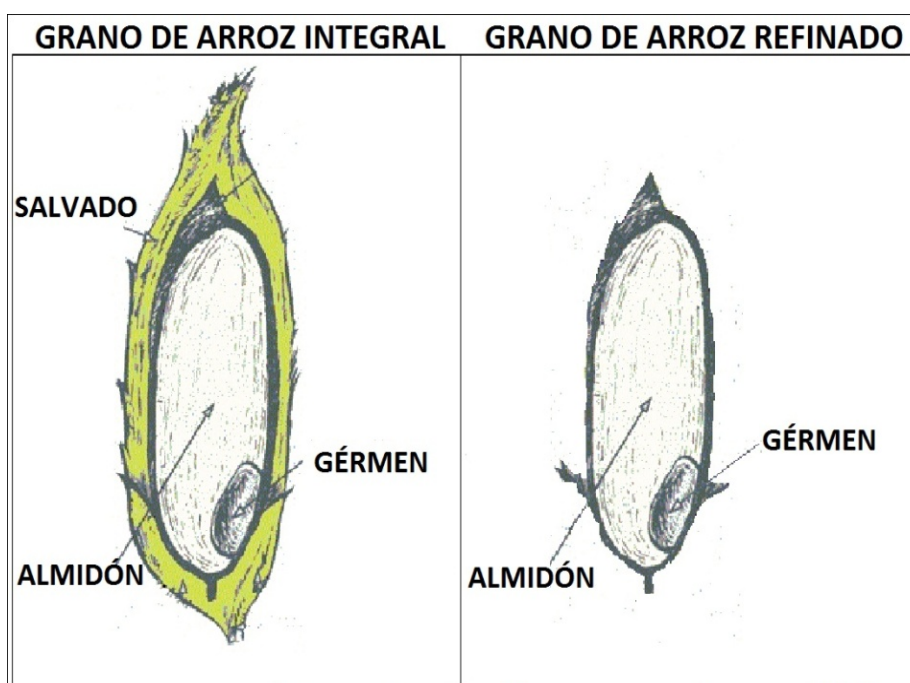
**Pulido:** debido a esto, el grano de arroz integral se somete a un proceso denominado “pulido” con el cual se logra eliminar total o parcialmente la cutícula que recubre al grano (salvado) y el germen, pero lamentablemente se eliminan gran parte de vitaminas, minerales y fibra. El germen, donde se encuentra presente la grasa del cereal,

desaparece durante este último proceso, a fin de evitar que se enrancie durante su almacenamiento y esto hace, igualmente, que disminuya su calidad nutritiva (Sierra, 2012).

- El pulido se realiza en 3 pasos:
- Pulido por abrasión
- Pulido por fricción
- Pulido por fricción con vapor de agua

Algunas piladoras han implementado un sistema de Abrasión- Fricción-Fricción, debido a que se obtiene un grano más translúcido que con un sistema más simple.

**Ilustración 2. 5: Grano de arroz**



Fuente: Sierra, (2012) Alternativas de Aprovechamiento de la Cascarilla de Arroz en Colombia pp

1-40

**Zaranda clasificadora:** en esta etapa se realiza la clasificación por tamaño del grano de arroz. Se separa el grano entero del grano partido ( $\frac{3}{4}$  y  $\frac{1}{2}$ ), se obtienen subproductos

como arrocillo ( $\frac{3}{4}$ ) y yelén ( $\frac{1}{2}$ ) que las industrias de balanceados lo utilizan como materia prima para sus productos (Sierra, 2012).

**Clasificación electrónica:** esta etapa es la que indica la calidad del producto obtenido al final del proceso. Se trata de seleccionadoras electrónicas ultravioleta que separa los granos buenos (granos limpios, translúcidos y enteros) de las impurezas que no se aprecian con facilidad en cáscara como granos rojos, yesos, amarillos, o con hongo. La calidad del arroz finalmente es evaluada y mide el grado de blancura, el mismo que es de 37 – 40 debido a los requerimientos del consumidor en nuestro país (Sierra, 2012).

#### **2.1.1.5. Subproductos de la industria del arroz**

Los subproductos obtenidos en el proceso de pilado de arroz son: Arroz integral, arrocillo y polvillo o salvado de arroz.

**Arroz cáscara:** la cáscara de arroz entero cosechado en el campo que será llevado a la piladora para ser procesado.

**Arroz integral:** es el grano de arroz entero antes de que se le quite la cubierta de salvado que lo convierte en arroz blanco. La capa de salvado contiene vitaminas, minerales y fibra, y le da un sabor anuezado más intenso y una textura más crocante que el arroz blanco enriquecido (Aldana, 2011)

**Ilustración 2. 6: Arroz integral**



**Fuente: Aldana, (2011) Enciclopedia Agropecuaria, pp 184-187**

**Arroz blanco:** al pulir el arroz pierde aproximadamente 30 % de la proteína, 50 % de las vitaminas del complejo B y hierro. El arroz es uno de los principales productos de la canasta familiar y durante miles de años ha sido el sustento principal para los hogares del mundo. Se entiende por arroz al grano procedente de cualquier variedad de la gramínea *Oryza Sativa*. El arroz pilado o blanco es el grano entero y quebrado, el cual se lo ha obtenido en un procesamiento normal del arroz en cáscara. El resultado es arroz pilado grado 1 con 1% a 3 % de granos quebrados y arroz pilado grado 2 con 6% a 10 % de granos quebrados, está exento de ñelén (material que sale al pulir el arroz) polvillo y metales pesados que puedan representar un peligro para la salud humana (Hurtado, 2012).

Ilustración 2. 7. Arroz blanco



**Fuente: Hurtado, (2012) Crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. En Manual del cultivo del arroz, pp 7-9**

**Salvado:** es el subproducto del arroz y que deriva del proceso de pilado, está constituido por fracciones de cutícula, embrión y otras partes del grano.

Ilustración 2. 8. Salvado de arroz



**Fuente:** Aldana, (2011) Enciclopedia Agropecuaria, pp 184-187

**Arrocillo:** es el producto formado íntegramente por granos quebrados, libres de polvillo. (Aldana, 2011).

Ilustración 2. 9. Arrocillo



**Fuente:** Aldana, (2011) Enciclopedia Agropecuaria, pp 184-187

**Tamo:** es el producto que se obtiene mediante la extracción de la cáscara al arroz mediante el proceso del descascarado. Sirve para elaborar aglomerados (muebles) y comerciantes poco profesionales lo muelen para mezclarlo con el polvillo (Heros, 2013).

Ilustración 2. 10. Tamo



Fuente: Heros, (2013) Guía técnica del cultivo de arroz,

<http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads>

[/ctecnica/006-arroz](#)

A criterio del autor y la bibliografía revisada se observa que el arroz es el cultivo más extenso del Ecuador, ocupa más de la tercera parte de la superficie de productos transitorios del país y es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial, aunque es el más importante del mundo. Además de su importancia como alimento, el arroz proporciona empleo a gran parte de la población. En los actuales momentos, y según las estadísticas de producción existentes, la producción de arroz en el Ecuador se ha visto afectado debido a diferentes factores tales como falta de recursos económicos, insuficiente número de variedades mejoradas, uso de semilla de mala calidad, presencia de plagas y enfermedades o manejo inadecuado de los cultivos, factores que han generado que disminuya la calidad de grano de arroz producido por los diferentes agricultores. Además, a estos factores se suma la falta de capacitación sobre técnicas de cosecha, debido a estos problemas los pequeños agricultores tienden a alquilar las tierras y ocasionan que cada vez haya menor producción de arroz, así como problemas ambientales.

El arroz cumple un proceso elemental para el pilado, sigue una serie de normas y utiliza las variedades existentes según su composición, el arroz por sus características tiene una serie de subproductos que son utilizados en los diferentes campos como el artesanal, industrial, alimenticio, entre otros.

### **2.1.2. Cascarilla de arroz**

La cascarilla de arroz es un tejido vegetal constituido por celulosa y sílice, elementos que ayudan a su buen rendimiento como combustible.

La cascarilla de arroz es una opción energética que abunda en las zonas donde se siembra arroz, cultivo que crece debido a su amplia aceptación y demanda. El uso de la cascarilla como combustible representa un aporte significativo a la preservación de los recursos naturales y un avance en el desarrollo de tecnologías limpias y económicas (Echeverría, 2013).

El contenido de humedad, la composición química y el poder calorífico de la cascarilla son aspectos que hay que conocer para la construcción y el funcionamiento de hornos y hogares mecánicos que son los más adecuados para la quema e incineración de este subproducto agrícola. (Agustín & Bienvenido, 2007)

#### **2.1.2.1. Características de la cascarilla de arroz**

Es propio mencionar algunas propiedades de la cascarilla de arroz. Entre los aspectos físicos se considera su tamaño, el cual, uniforme, es de aproximadamente un centímetro de largo. Se caracteriza por tener forma ovoidal, similar a una canoa y un color amarillo obscuro.

La higrometricidad es mucho menor que la presentada por la madera. Su conductividad térmica y acústica es bastante baja en los dos casos. Su poder calorífico es bajo; de 3,300 a 3,600 cal/kg contra 6,500 cal/kg que proporciona el coque y 8,000 del carbón de hulla, y arde entre 800 y 1000 OC. Finalmente, no tiene uso como combustible; además, genera un alto contenido de cenizas silíceas. Cada tonelada de cascarilla de arroz contiene 10 kg. de  $H_3PO_4$ , y 15 kg. de KOH; tal rendimiento es muy bajo para poder usarse como fertilizante. Se podría obtener furfural, pero el costo de operación es muy alto debido también a su bajo rendimiento (Valverde, 2016).

De cada tonelada de cascarilla se obtendrían de 50 a 60 kg. de furfural. La cascarilla no se usa como forraje, porque tiene un gran contenido de sílice, lo cual hace que sea poco digerible. Además, no contiene sustancias nutritivas, que es lo que caracteriza a los forrajes comerciales, por lo tanto, el valor alimenticio es mínimo. Por lo anteriormente expuesto, observamos que la cascarilla de arroz, lejos de proyectarse como materia prima industrial, se presenta como un problema considerable al eliminarse en las plantas de beneficio (Valverde, 2016).

Su longitud varía entre 5 a 11 mm según la especie, es una estructura ondulada y apariencia superficial irregular, es altamente abrasivo, 6 en la escala de dureza de Mohs en estado natural. Su estructura presenta un volumen poroso del 54%, cavidades que permanecerán cerradas en tanto no se someta a un proceso de combustión. Su coeficiente de conductividad térmica ( $0.0330 \text{ W/m}\cdot\text{k}$ ) le permite ser utilizado para aislante térmico. Una característica principal de la CA es su poder calorífico, influenciará en la energía que gastaremos para la calcinación del mismo y la obtención de sílice, esta depende directamente de la humedad en la que se encuentre el material (Valverde, 2016).

**Tabla 2. 4:** Poder calorífico inferior de la cascarilla de arroz.

| <b>Contenido de Humedad</b> | <b>Poder Calorífico Inferior (PCI)<br/>kj/kg</b> |
|-----------------------------|--|
| 0                           | 19880  |
| 10                          | 17644  |
| 20                          | 15412  |
| 30                          | 13180  |
| 40                          | 10947  |
| 50                          | 8715   |
| 60                          | 6413   |

Fuente: Valverde, (2016) Estudio sobre el uso de la cascarilla de arroz en los molinos del Departamento del Tolima.

### 2.1.2.2. Composición de la cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz es un tejido vegetal lignocelulósico constituido por un 85 % de material orgánico, representado por celulosa, lignina, D-xilosa y pequeñas cantidades de D- galactosa (Krishnarao, Mahajan, & Kumar, 2011).

La cascarilla de arroz es sometida a altas temperaturas produce ceniza entre el 13 y 29 % del peso inicial, constituida principalmente por sílice entre un 87 y 97 % debido a que no se disocia al quemarse, y pequeñas cantidades de sales inorgánicas (Rodríguez Paez, Macía Pinto, & Arcos, 2013).

Tabla 2. 5: Poder calorífico inferior de la cascarilla de arroz

| <b>COMPUESTO</b>           | <b>W%</b> |
|----------------------------|-----------|
| Humedad                    | 6.49%     |
| Ceniza                     | 26.05%    |
| Comp. Nitrogenados, grasas | 00.03%    |
| Celulosa                   | 39.05%    |
| Extracto no nitrogenado    | 23.46%    |

Fuente: Valverde, (2016) Estudio sobre el uso de la cascarilla de arroz en los molinos del Departamento del Tolima.

En un análisis próximo realizado en cuatro diferentes países y en diferentes variedades de arroz se evidencian valores similares para las características evaluadas (Carbón fijo, material volátil y ceniza) (Valverde, Sarria, & Monteagudo, 2015). En promedio la cascarilla de arroz cuenta con un 64,30 % de material volátil, un 16,10 % de carbono fijo y un 19,54 % de ceniza; es en esta última donde se concentra el contenido de

dióxido de sílice que supera el 90 %, y gracias a su fino tamaño y su alta reactividad ha sido utilizado en industrias como la del cemento (Kurtis & Rodríguez, 2013), como fuente para preparar compuestos a base de silicio y zeolitas (Panpa & Jinawath, 2010); además, ha sido ampliamente utilizada en procesos de remoción de contaminantes como lo son los metales pesados y colorantes (Rodríguez, Salinas, & Ríos, 2012).

La tabla siguiente muestra la composición general de la cascarilla de arroz, donde se evidencia una gran proporción de celulosa. Autores como Doria et al. (2011) le atribuyen la capacidad de absorción de la cascarilla de arroz a los compuestos lignocelulósicos que posee.

Tabla 2. 6: Composición general de la cascarilla de arroz

| <b>ANÁLISIS<br/>COMPOSICIONAL</b> | <b>% ABUNDANCIA</b> | <b>% PROMEDIO<br/>REPORTADO</b> |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| Celulosa                          | 60,12               | 41,20                           |
| Hemicelulosa                      | 11,19               | 21,00                           |
| Lignina                           | 6,66                | 22,40                           |
| Cenizas                           | 15,90               | 17,40                           |

**Fuente: Doria, Hormaza, & Suarez, (2011) Cascarilla de arroz: material alternativo y de bajo costo para el tratamiento de aguas contaminadas con cromo, pp 73**

### **2.1.2.3. Usos de la cascarilla de arroz**

La cascarilla de arroz es uno de los desechos más importantes de la producción de arroz, muy útil en la producción en el país, porque constituye una fuente de energía al utilizarla como combustible. Según el MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca), el 35% de la cascarilla de arroz se utiliza en la industria florícola y criaderos de animales, mientras que el sobrante es agrupado de la siguiente forma: 50% es quemada dentro de piladoras, 15% es tirada en los bordes de las carreteras, 15%

es quemada en terrenos aislados, 10% se quema en los bordes de las carreteras, 5% es tirada en ríos, 5% se pierde a causa del viento. El total de cascarilla producida en el país, es considerable debido a la generación y acumulación, han sido diversos los ensayos para aprovechar la cascarilla de arroz en diferentes campos y por intermedio de diferentes métodos (MAGAP , 2010).

La cascarilla de arroz genera un gran volumen de cenizas, RHA, del inglés Rice Husk Ash, que tiene una elevada proporción de sílice. Se estima que por cada tonelada de arroz se generan 200 kg de cascarilla y de ésta se producen 40 kg de cenizas con un contenido del orden del 90% en sílice. (MAGAP , 2010). Dentro de los usos que se le da a la cascarilla de arroz se tiene:

En la agricultura:

- Como material de relleno.
- Para camas de animales en galpones o criaderos de aves, ganado, cerdos, entre otros.
- Para tratamiento de suelos.
- Como ayuda para la siembra, e insumo de abonos para aumentar la fertilidad del suelo.
- Para mejoramiento de la estructura del suelo en viveros en los que se cultivan flores de exportación.
- Como material de conservación de la humedad del suelo en plantaciones de papaya, mandarina, banano, melones, limones, tomates y aguacates.
- Como soporte en la técnica de las hidroplantas (todos los nutrientes se agregan como solución acuosa) (MAGAP , 2010).

En la industria:

- Como combustible para secado de granos u otros productos; al tener un poder calorífico entre 11,6 MJ/kg a 13,7 MJ/kg, pero la gran desventaja es el alto porcentaje de cenizas (hasta 30%). Las cenizas o cascarilla finamente molida se usa para pulir o lavar metales en tambores giratorios.
- Para la carbonización: una pirolisis produce gas combustible (poder calorífico aproximadamente 1500 kcal/m<sup>3</sup>) y un destilado (agua y alquitrán).
- Para la obtención de aceite vegetal, furfurool y etanol.
- Como ayuda para procesos de filtración.
- Para fabricación de briquetas, se usa cascarilla finamente molida.
- Como materia prima para papel.
- Para fabricar carburo de silicio, que sirve para pulir elementos eléctricos y de calefacción.
- Para fabricar láminas pretensadas y tableros aglomerados.
- Como ingrediente en insumos comerciales para concentrados (MAGAP , 2010).

En la construcción:

- La mezcla con cemento permite obtener paneles, placas y ladrillos livianos.
- Para fabricar bloques de cementos livianos.
- Como material aislante térmico.
- Como acero vegetal, al ser mezclado con resinas y luego de un proceso termo-mecánico se obtiene un material altamente resistente para ser usado como tapas de alcantarillas, muebles y otros. (MAGAP , 2010).

Otros usos de la cascarilla de arroz

**Combustible:** el poder calorífico de la cáscara de arroz es similar al de la madera y al de otros residuos agrícolas (debido a su composición alta en celulosa y sílice), por lo

que inclusive se le ha considerado como una alternativa en usos domésticos. Se han desarrollado hornos para cereales que la utilizan como combustible, con lo que se obtienen un mejor rendimiento, el residuo después de quemarla se usa en la construcción (González , 2014).

**Abono:** de acuerdo con sus características físico-químicas en China la han utilizado para regenerar suelos como compost.

**Adición mineral en mezclas de concreto y morteros:** considera que la selección natural de materiales es uno de los factores que mejora el desempeño del concreto desde el punto de vista de durabilidad, una posibilidad es la utilización de adiciones minerales tal como la cascarilla de arroz, la cual contribuye a mejorar las características del concreto en estado fresco y endurecido, disminuye la permeabilidad del concreto e incrementa sus propiedades mecánicas. Se menciona que el uso de esta adición que requerire el empleo de reductores de agua, especialmente al elaborar concreto con baja relación agua/cemento. En otros casos podrá requerirse del empleo de aditivos modificadores de viscosidad, especialmente para concretos auto consolidables (González , 2014).

**Agregado orgánico en mezclas de concretos y morteros:** se consideran específicamente los materiales conglomerados como los concretos y morteros de cemento Portland con cascarilla de arroz en estado natural o con tratamiento previo como agregado granular compuesto con partículas silíceas. Se han diseñado distintas dosificaciones y determinado las propiedades geológicas en estado fresco y mecánicas en estado endurecido, de las mezclas resultantes. El empleo de cascarilla de arroz (material de desecho común en la zona) como componente granular, y una tecnología que no requiere mano de obra especializada o equipos sofisticados de compactación y colocación, permitirá acercar esta propuesta a los usuarios de menores recursos, y la

utilización de estos materiales en la construcción de viviendas de bajo costo (Landires, 2011).

#### 2.1.2.4. Usos de la cascarilla de arroz como complementos industriales

La industria se ha caracterizado en los últimos años, por la inversión que realiza a la innovación tecnológica como una respuesta a las necesidades del mercado, para producir productos más competitivos, de mayor calidad y menor costo. Una de las alternativas más llamativas fue la obtención de materia prima a partir de residuos agroindustriales abundantes y de fácil obtención, los cuales no registraban ningún valor para la agroindustria. Así pues, para darle un valor agregado a estos residuos, se encargó la tarea a los ingenieros químicos y a los ingenieros de materiales, quienes estudiaron las propiedades y características de los residuos. Este uso de la cascarilla en procesos industriales es diferente a su uso de biomasa como combustible debido a que en los procesos industriales se habla de conformados de materiales aislantes, conformación de caucho y cemento entre otros.

Tabla 2. 7: Usos de la cascarilla de arroz como complementos industriales

| PRODUCTO             | CARACTERÍSTICAS   |
|----------------------|---|
| Cemento              | Unas de las soluciones es la utilización de la ceniza de cascarilla de arroz como complemento en la fabricación de cemento o en la fabricación del caucho. Para obtener la ceniza de cascarilla de arroz de una calidad estándar, la combustión se realiza en temperaturas entre 650 °C y 900 °C en un tiempo estimado de 90 minutos. Después de este tiempo, se obtendría una ceniza de cascarilla de arroz que tendrá un porcentaje entre el 20% y 25% del peso de la ceniza de arroz que sea suministrado, con 85% a 90% de sílice amorfa. |
| Cemento portland     | Al adicionar ceniza de cascarilla de arroz en la producción del cemento portland, se disminuye la formación de partículas $Ca(OH)_2$ en el proceso de hidratación, e inclusive, se mejora notablemente la resistencia del cemento en este tipo de ambientes.  |
| Caucho               | La sílice es una de las sustancias más abundantes que posee la ceniza de cascarilla de arroz y es así como se podría aprovechar el uso de este ingrediente en la conformación del caucho sin afectar su elasticidad y resistencia eléctrica.  |
| Materiales aislantes | La cascarilla de arroz debido a su bajo coeficiente de conductividad térmica (0.036 W/m*K) hace que su uso como aislante térmico sea muy antiguo en la fabricación de materiales aislantes utilizados en casas, fincas y lugares de almacenamiento refrigerados, este uso sirve para ahorrar el uso de materiales provenientes del petróleo, como el poliestireno por su coeficiente de conductividad térmica similar.  |

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Paneles de construcción | La cascarilla de arroz se utiliza en el relleno de bloques de hormigón, la cascarilla de arroz al ser tratada mediante un proceso de compactación, se ha descubierto que aporta propiedades importantes a la resistencia y dureza de los bloques de hormigón.  |
| Aglomerados             | Se aglomera la cascarilla de arroz con la mezcla de almidones, a la cual se agrega el <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> previamente hidratado y activado. El SC durante su proceso metabólico produce CO <sub>2</sub> , el cual es atrapado en el aglomerado se genera con ello espacios vacíos que teóricamente, mejoran las condiciones de asilamiento del material producido. |

Fuente: Modificado de Mejía de Guitiérrez, (2013); Prada Cortés, (2010); Canto, Batista, Sanchez, Moreno, James, (2012)

### 2.1.3. Diseño industrial

En el transcurso de los años, muchos han sido los esfuerzos teóricos por intentar lograr una definición única y precisa del término Diseño Industrial, mientras tanto y al margen de este debate teórico, la disciplina se ha adaptado a lo largo de las décadas a diferentes conceptos de desarrollo. Como un buen punto de partida, es una de las definiciones más aceptadas y además avaladas por el ICSID (Internacional Council of Societies of Industrial Design), propuesta por Tomás Maldonado de 1961 donde define: “El diseño industrial es una actividad proyectual (creadora) que consiste en determinar las propiedades formales (relaciones funcionales y estructurales) de los objetos producidos industrialmente”. El diseño es una actividad proyectual de carácter cultural y contextual, que como tal, busca obtener mediante un proceso intencionado y consciente, resultados formales a fin de cubrir necesidades humanas en determinado medio social y ambiental. En el diseño industrial el lenguaje es una construcción social y los diseñadores como operadores culturales son responsables de sus intervenciones. En consecuencia, actúan con un sentido ético, son intermediarios entre los productores y los consumidores (Cuartas, 2016).

El diseño industrial es un servicio profesional que consiste en crear y desarrollar conceptos y especificaciones que optimizan la función, el valor y la apariencia de

productos y sistemas para el beneficio mutuo del usuario y del fabricante. Los diseñadores industriales generan estos conceptos y especificaciones a través de la recopilación, análisis y síntesis de datos, guiados por las exigencias específicas del cliente o del fabricante. Están formados para elaborar recomendaciones claras y concisas a través de dibujos, modelos y descripciones verbales. Por lo general, los servicios de diseño industrial se facilitan en el contexto de una relación laboral de cooperación con otros miembros de un grupo de desarrollo. En los mismos suele haber especialistas en gestión, marketing, ingeniería y fabricación. El diseñador industrial expresa conceptos que personifican todos los criterios oportunos que el grupo ha señalado (Rodríguez, 2011) .

#### **2.1.3.1. Características del diseño industrial**

La gran mayoría de los teóricos del diseño, se establecen en común las siguientes características para definir la actividad del diseño industrial:

- Actividad que satisface las necesidades de la colectividad social mediante productos desarrollados (aislados o sistemas de productos) en interacción directa con los usuarios.
- Actividad innovadora en el ámbito de las disciplinas que constituyen el gran campo de la proyección ambiental.
- Actividad que trata ante todo de incrementar el valor de uso de los productos (función del producto y utilización por parte del usuario).
- Actividad que determina las propiedades formales (estéticas, estructurales y funcionales) de los productos.
- Actividad que pretende ser una instancia crítica en la estructuración del mundo de los objetos.

- Actividad que pretende ser un instrumento para el incremento de la productividad o para el fomento de nuevas industrias.
- Actividad coordinadora del desarrollo y planificación de productos.
- Actividad planteada como procedimiento para incrementar el volumen de las exportaciones (Taiah, 2011).

Varias de las funciones que realiza el diseño industrial están enfocadas principalmente a la creación de productos o nuevos recursos que permitan incrementar la función de los mismos. El diseño industrial presenta características de nivel social con la creación de estos productos, se podrá mejorar los deseos o necesidades existentes en la sociedad o en la empresa que requiera mejorar el desarrollo de su producción.

### **2.1.3.2. Campos de acción del diseño industrial**

Dentro de los amplios campos de acción del Diseño Industrial, se han definido algunos aspectos que caracterizan y diferencian:

- **Investigar y desarrollar:** Métodos de trabajo, nuevos materiales, procesos productivos, sistemas de mercadeo, aprovechamiento de recursos humanos y materiales, nuevos productos, aprovechamiento de materiales naturales y artificiales.
- **Diseño, rediseño, adecuación e innovación:** Bienes de capital, objetos de uso, máquinas, procesos de producción, herramientas, equipos, puestos de trabajo, partes mecánicas, muebles, electrodomésticos, acabados superficiales, juguetes, juegos, artefactos, elementos de transporte, implementos para el hogar, empaques, envases, embalajes, tratamiento y edición de imagen digital, propuestas de publicidad y de diseño gráfico.
- **Construir:** Modelos y prototipos formales, funcionales; pruebas ergonómicas para el diseño de experimentos y simulación.

- **Elaborar:** Planos técnicos, dibujos, esquemas, bocetos, a manera del primer recurso que hace que las propuestas adquieran visos de realidades.
- **Comunicar:** Sus ideas y propuestas a nivel verbal, escrito, gráfico, digital y tridimensional mediante la utilización de técnicas de presentación como la fotografía, la ilustración, el dibujo y la multimedia (Maldonado, 2014).
- **Asesorar:** En procesos de fabricación, Estrategias de comunicación, Diversificación de producción, reordenamiento de líneas de producción y puestos de trabajo, estrategias publicitarias.
- **Evaluar:** Objetos industriales a nivel ergonómico, funcional, formal, estético, simbólico, de resistencia, de impacto ambiental.
- **Proponer y enseñar:** Aspectos relacionados con los métodos, las disciplinas de apoyo y el ejercicio del diseño en general (Maldonado, 2014).

Según Maldonado (2014), menciona que la actividad profesional del Diseño Industrial es “un complejo proceso a seguir en la generación de ideas o conceptos de diseño, los productos a concebir cuentan con distintos caracteres de uso, funcionales, estructurales, productivos y de mercado, lo que origina que los proyectos por desarrollar sean diferentes”, no es posible establecer hasta no conocer el problema de diseño a resolver, criterios o normas para solucionarlos, pues todos y cada uno de ellos poseen características únicas que responden a requerimientos o restricciones específicas; sin embargo, sí es posible enunciar ciertas etapas generales aplicables a todo proyecto.

### **2.1.3.3. Producto Industrial**

Los productos industriales son objetos encaminados a cubrir una determinada necesidad y que una vez proyectados se fabrican idénticos para un gran número de personas. La problemática de los productos industriales consiste en que éstos, tras su fabricación, han

de proporcionar un beneficio con su venta. Además, la índole del producto garantiza que su uso satisface efectivamente las necesidades del usuario, éste es el único motivo que le induce a gastarse el dinero en su compra. En consecuencia, el constructor y el diseñador industrial desarrollan los productos industriales bajo el signo de producción económica, de lo que claramente se desprende que con semejante subordinación a la economía los aspectos sociales de la configuración del producto quedan notablemente desatendidos (Heros, 2013).

La configuración simplificada en cuanto a los materiales y al proceso de fabricación es condicionante de una producción industrial a la que sirve con prioridad el imperativo del crecimiento económico, los resultados de tal producción causan en muchos casos en los usuarios un sentimiento más o menos consciente de desazón, debido a que los objetos repetidos por decenas de millar poseen una uniformidad tal, que la mayor parte de las veces no consiguen satisfacer las necesidades psíquicas personales del individuo.

Por el contrario, los productos hechos a mano eran siempre individuales. En la producción industrial, al contrario de lo que ocurre con el operario manual, no hay un responsable único del resultado. Todo lo que aparece en el producto es consecuente a la influencia de distintos factores que a su vez serían el resultado de las necesidades y aspiraciones o apetencias del usuario, pero que en cambio están determinados principalmente por exigencias de materias primas y de procesos de fabricación, por aspectos de la organización comercial y de ventas del fabricante y por la conducta de la competencia. El diseñador industrial, cuya actividad despierta precisamente la atención del presente libro, está también inmerso en este complicado mecanismo de la producción industrial. No obstante, antes de introducirnos en tal tema, se pone de relieve qué categorías existen de productos industriales y qué importancia tienen en ellas las relaciones usuario-producto (Rodríguez Paez, Macía Pinto, & Arcos, 2013).

#### 2.1.3.4. Categorías de productos industriales

Según Lóbach (1981) menciona que:

El punto de partida central para efectuar una clasificación de productos industriales lo constituye el hecho de que estos productos poseen funciones que se experimentan durante el proceso de utilización.

Son por tanto importantes, para una observación matizada, la intensidad y el tipo de relaciones entre usuarios y productos industriales, particularmente durante su uso, es esencial:

- ¿Cómo se experimenta el proceso de uso?
- ¿Qué significa el producto para el usuario, qué valor tiene para él?
- ¿Cuántas personas distintas utilizan un producto?

Si el producto es vivido como propiedad (por ejemplo, aparatos caseros) o queda como una copropiedad indefinida (por ejemplo, equipamientos públicos). Al clasificar los productos industriales de las relaciones entre usuario y producto, se distinguen las categorías siguientes:

- Productos de consumo (que tras su uso dejan de existir).
- Productos de uso I: Productos para uso individual.
- Productos de uso II: Productos para uso por determinados grupos.
- Productos de uso III: Productos con los que el público apenas tiene relación.

Estas categorías se consideran con más detalle a fin de establecer dónde se hallan las diferencias en lo que atañe a la actividad proyectiva del diseñador industrial. (Lóbach , Diseño industrial, 1981).

**Productos de consumo.** El consumo como proceso se distingue del uso como proceso en que el producto una vez se ha consumido ya no existe, se ha gastado. Son productos

típicos de consumo los productos alimenticios, que satisfacen una necesidad fundamental del hombre.

**2.1.3.4.1. Productos de uso I: Productos para uso individual.** La verdadera labor del diseñador industrial consiste en la configuración de productos de uso, que la mayor parte de las veces tienen una vida más larga que los productos de consumo. Ya se ha indicado que los productos de uso también se extinguen en algún momento, es decir, dejan de ser utilizables. Sin embargo, en la mayoría de los casos este espacio de tiempo es tan largo, que llega a establecerse entretanto una relación personal con el producto. Solamente al final del ciclo de uso se llega al consumo por extinción del producto. Cuantas menos posibilidades existan de poseer o de utilizar un producto, mayor es la indiferencia respecto al mismo. El extremo contrario es el uso personal de productos. En psicología se habla de relación con el objeto en la constitución de las relaciones individuales del hombre con las cosas; el producto industrial establece una analogía psíquica en el proceso de uso.

**2.1.3.4.2. Productos de uso II: Productos para uso por determinados grupos** A esta categoría pertenecen los productos usados en el seno de un pequeño grupo de varias personas que se conocen unas a otras. La propiedad individual se amplía en favor, por ejemplo, de los miembros de una asociación deportiva o, lo que nos es todavía más próximo, de los miembros de una familia.

**2.1.3.4.3. Productos de uso III: Productos con los que el público apenas tiene relación** Bajo esta denominación se contemplan a aquellos productos industriales que permanecen anónimos. Son todos los productos y todas las instalaciones de nuestro complejo entorno con los que por regla general el hombre no tiene relación.

## 2.2. Estado del arte

El crecimiento de la producción agrícola e industrial en el mundo trae como contrapartida el incremento de residuos, y hace cada vez más difícil, costoso y ambientalmente poco sustentable su tratamiento y destino final. De ahí el creciente interés en la utilización de los diversos residuos y conseguir así beneficios ambientales, y también económicos.

El destino final de tales cantidades de cáscara es, por el momento, un problema sin solución definitiva. Para reducir el volumen de estos residuos en algunos casos se quema la cáscara de arroz, con el objetivo de intentar darle una utilidad económica como energético en calderas de secado del propio arroz, como combustible para la producción de cemento, para la generación de energía eléctrica, etc. La implantación de un sistema de comercialización mejorara enormemente los procesos vigentes y ampliara las expectativas con respecto a la cascarilla de arroz permite que se la vea como una fuente generadora de ingresos y ya no como un desperdicio biodegradable (Assureira, 2012). Los estudios en Latinoamérica se clasifican en:

- Uso como combustible y generador de gas
- Uso constructivo
- Uso como sustrato en hidroponía
- Uso de camas para cría de aves
- Uso en compost y abonos

A continuación se expondrá en forma breve cada uno de los usos que hace énfasis en el país de origen los grupos investigadores y la aplicación en la generación de combustible y el uso constructivo que son áreas de importancia dentro del proceso que conduzca al

aprovechamiento de recursos como sustituto de otros que poco a poco se agotan (combustibles, maderas) o encarecen las construcciones (cemento, ladrillos).

Combustible alternativo en el Perú por Estela Assureira Es importante la adecuación de tecnologías a las necesidades específicas de las poblaciones que utiliza los recursos naturales de cada zona. La revisión de literatura nos conduce a considerar parte de las posibilidades del uso de la cascarilla de arroz como combustible alternativo para uso doméstico. El poder calorífico de la cascarilla de arroz es similar al de la madera y al de otros residuos agrícolas (Assureira, 2012)

En la investigación publicada en la Revista DYNA, Universidad Nacional de Colombia realizada por Jaime Gutiérrez M.D., Carolina Cadena, y Antonio Bula, (2013), referente a “**Aislamiento térmico** producido a partir de cascarilla de arroz aglomerada con almidón producido con *saccharomyces cerevisiae*”, en donde se aglomeró cascarilla de arroz con almidones con el fin de obtener un material de estabilidad física adecuada, sin afectar su capacidad aislante. Para esto, se desarrolló un proceso que integró *Saccharomyces Cerevisiae* (SC) como elemento productor de porosidades en el material. Posteriormente se sometieron las probetas a pruebas de resistencia al calor, flexión y finalmente a la norma ASTM C 177, para evaluar su conductividad térmica. De esta forma, se encontró que el aglomerado al ser sometido a fuego directo no produce llama (ignífugo), tiene una resistencia a la rotura entre 80 - 120 kPa al ser sometido a temperaturas entre 150 y 200 °C, la conductividad térmica del aglomerado se encuentra alrededor de 0,09 W/m.K. El aglomerado se dejó a la intemperie (Temperatura de bulbo seco: 30°C ± 5°C, Humedad relativa: 80% ± 15%), donde su estabilidad química se aprecia al no ser atacado por hongos, y su biodegradabilidad se manifiesta al ser disuelto por agua. Estos valores muestran que el aglomerado a base de cascarilla de arroz es un aislante térmico eficiente, con una

estabilidad física y química adecuada para aplicaciones civiles. En donde se plantearon las siguientes conclusiones: Del análisis de los anteriores resultados se concluye que el material compuesto desarrollado a partir de cascarilla de arroz presenta valores de conductividad térmica que se encuentran en el mismo orden de magnitud de materiales históricamente utilizados para tal fin como son el poliestireno expandido y el corcho. Se encontró también, que el material compuesto tiene una resistencia a la flexión mucho mayor que el poliestireno expandido y el corcho, supera al primero por un orden de magnitud y posee valores similares al segundo; desde el punto de vista de biodegradabilidad, se encontró que este material supera a cualquier otro material aislante su principal característica, pues es llevado nuevamente a sus componentes principales (que son naturales) en cuestión de días, y en presencia de agua se disuelve inmediatamente; para terminar, se encontró que este material presenta una alta resistencia a la temperatura, soporta un calentamiento hasta 175°C por dos horas sin sufrir mayores variaciones en sus propiedades mecánicas. En presencia de llama directa no se incendia, lo cual lo hace un material altamente seguro. Es necesario realizar ensayos adicionales sobre la capacidad del aglomerado como protector contra la propagación de llama, debido a la capacidad ignífuga observada (Gutiérrez, Cadena, & Bula, 2014).

En la investigación realizada por Giancarlo Chur Pérez (2012), relacionada con “Evaluación del uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería”, en donde en esta investigación evaluó el aprovechamiento de la cáscara de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería dada las ventajas que ofrece, para lo cual se elaboraron morteros con diferentes contenidos de cáscara de acuerdo con procedimientos y especificaciones de las normas técnicas aplicables, se contó con el apoyo del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la

Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). Dentro de las principales conclusiones se plantearon las siguientes: (a) La densidad de arena de río es mayor a la de cascarilla de arroz, lo cual significa que a mayor cantidad de adición de cascarilla de arroz, los morteros son más livianos; (b) Se pudo observar en los ensayos a compresión, tensión y adherencia que a mayor cantidad de cascarilla de arroz, las propiedades mecánicas de los morteros disminuyen, por lo que es importante establecer un nivel medio en la aplicación de este componente; (c) La relación agua/cemento de los morteros evaluados es directamente proporcional al contenido de cascarilla de arroz (a mayor contenido de arroz, mayor cantidad de agua); (e) Se elaboraron y evaluaron morteros de mampostería con la siguiente dosificación:  $\frac{3}{4}$ Mezcla A proporción 1:1:10% cáscara de arroz  $\frac{3}{4}$ Mezcla B proporción 1:2:10% cáscara de arroz  $\frac{3}{4}$ Mezcla C proporción 1:3:10% cáscara de arroz  $\frac{3}{4}$ Mezcla D proporción 1:4:10% cáscara de arroz; (f) El uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico contribuye a la capacidad de aislamiento térmico de los morteros ensayados (Chur, 2012).

En la investigación publicada en la Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, realizada por Arcos, C. A, Pinto, D. M. & Paéz, J. E. (2015), relacionada con “Uso de la cascarilla de arroz como material alternativo en la construcción”, se realizó la siguiente experimentación. El cemento Portland es un material que se utiliza ampliamente en la construcción de viviendas, puentes, vías, entre otras aplicaciones. En la actualidad existe un notable interés en la búsqueda de materiales cementantes que permitan mejorar la resistencia mecánica, la respuesta al ataque de los ácidos, y que favorezcan ciertas propiedades funcionales del concreto como la conductividad eléctrica, el apantallamiento contra la radiación electromagnética, y la radiación ionizada, entre otras. En este documento se estudia la adición del SiO<sub>2</sub>, obtenido de la cascarilla de arroz, al cemento portland común y el efecto que esta materia prima tiene

sobre el comportamiento mecánico del concreto fabricado con ella. Se indican las características más importantes del SiO<sub>2</sub> que se obtuvo en el laboratorio de la Universidad del Cauca y las curvas de resistencia a la compresión de muestras de mortero. El proceso se inicia con el lavado de la cascarilla de arroz, se retira de ella toda clase de sólido para posteriormente colocarla a secar al medio ambiente. Con la cascarilla seca, se procede al tratamiento químico sometiéndola al proceso de reflujo químico en una disolución de ácido clorhídrico HCl por aproximadamente 5 horas. Al término de este proceso, la cascarilla de arroz se deja secar nuevamente al medio ambiente. Posteriormente se coloca en un crisol y se trata térmicamente a 700°C por aproximadamente 3 horas a una velocidad de calentamiento de 250°C/hora. Al finalizar el tratamiento, el producto sólido de color blanco, se mueve mediante un molido de bolas, hasta obtener una superficie específica determinada y se procede a mezclar con el mortero o concreto como tal. El proceso de molienda es muy importante, una molienda excesiva hace que el producto final tenga altas energías superficiales que hagan que tomen otros compuestos altamente reactivos de la pasta de cemento que afecten las propiedades finales del mortero o concreto. Finalmente el proceso de reflujo requiere una inversión menor que da oportunidad en la búsqueda de nuevas alternativas de construcción y desarrollo tecnológico para países pobres y con poca industrialización y ensayos mecánicos. La resistencia a la compresión de los compositos obtenidos, mezcla de dióxido de silicio y mortero se determinó de acuerdo con la norma ASTM C 109-80 y la Norma Técnica Colombiana NTC 220, que es la que emplean todas las empresas de consultoría e interventoría para hacer el respectivo control de calidad de este tipo de materiales, mediante la realización de los ensayos de resistencia a la compresión, inicialmente se mezcló el cemento con el producto del reflujo de la cascarilla de arroz y una cantidad de agua adecuada de tal manera que la relación entre agua y el cemento

estuviese en el valor recomendado por la Norma Colombiana Sismoresistente NSR-98 Capítulo 3 que es de 0.485, esto se realiza para rectificar con la ley de Abrams que establece que esta relación afecta de manera directa la resistencia mecánica de los concretos y los morteros. Para comenzar con el estudio de ensayo de resistencia del material se procedió a formar cubos de cinco centímetros de lado que fueron empleados en la realización del ensayo de compresión con un equipo mecánico o hidráulico, aplicándole una carga que se mide con una exactitud de +/- 1.0% (Botina & Wilon, 2015).

Las Briquetas de cascarillas de arroz es una tecnología de aumento de tamaño, en el que con la cascarilla de arroz reducida a polvo se fabrican briquetas [pequeños “ladrillos” producto de un proceso de prensado en moldes] de diferentes formas y tamaños. La densificación del producto generalmente es obtenida por compresión mecánica. En los procesos de briqueteado seco es necesario contar con altas presiones de compactación. En tal caso no es necesario el uso de aglomerantes, pero este proceso es caro y recomendado sólo para altos niveles de producción. Por otro lado, el proceso de briqueteado húmedo requiere bajas o menores presiones de trabajo, pero se hace necesario usar una sustancia aglomerante. Finalmente se fabricaron briquetas cilíndricas por compresión mecánica se usa diversas sustancias aglomerantes como por ejemplo la arcilla, bentonita o almidón de yuca, el uso de aglomerante nos permitió reducir la presión de trabajo por compresión mecánica (Assureira, 2012).

En conclusión se determina que el uso de los residuos de cascarilla de arroz se reutiliza para el desarrollo de nuevos productos constructivos que permite minimizar la contaminación ambiental, crea un impacto de innovación mediante sus principales

características físicas, químicas aplicadas en el proceso de elaboración de los objetos que se detalla en el proyecto de investigación.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. Enfoque del proyecto

La presente investigación tiene un enfoque mixto esto es cualitativo y cuantitativo, permite conocer la realidad del problema, el comportamiento de las variables puesto que se trabajara con datos estadísticos para obtener la información de calidad, en el instante que se analizan los procesos de la cascarilla de arroz se determinan las características de resistencia, maleabilidad, fuerza, carga, y compactibilidad.

#### 3.2. Modalidad de investigación

**3.2.1 Método documental bibliográfico:** para la implementación del proyecto se basa en la documentación bibliográfica, permite realizar un análisis más a fondo, conocer y ampliar la investigación, comparar contextualizaciones y criterios de diferentes autores sobre la aplicación de la cascarilla de arroz en el desarrollo de producto de diseño industrial, recurre a distintas fuentes de información como el internet, documentos científicos y libros.

**3.2.2 Método histórico - Lógico:** se analizó la utilización de la cascarilla de arroz en productos que se utiliza en el área industrial.

**3.2.3 Método analítico - sintético:** Se analizó los elementos antes mencionados, de manera que separemos el todo en sus partes para efectuar relaciones entre sus factores y después hacer una síntesis.

**3.2.4 Método inductivo - deductivo:** se realizó un análisis desde una situación particular a una general.

**3.2.5 Método experimental:** es un tipo de método de investigación en el que el investigador controla deliberadamente las variables para delimitar relaciones entre ellas, está basado en la metodología científica. En este método se recopilan datos para comparar las mediciones de comportamiento de un grupo de control, con las comprobaciones de un grupo experimental. Tener en cuenta los criterios de aceptación y rechazo de muestras, según los ensayos de fricción realizados en centro de fomento productivo metalmecánico carroceros de la ciudad Ambato, prueba que permitirá el desarrollo de productos de diseño industrial en correcto funcionamiento.

### **3.3. Grupo de estudio**

En la región costa del Ecuador en la provincia del Guayas es la zona con mayor productividad de arroz, por sus características climáticas tanto de suelo, para cultivar este grano se necesita de suelos pantanosos. Esta zona del país está considerada plenamente arroceras por lo que existen la mayor cantidad de piladoras ubicadas en esta zona del país, piladoras que se encargan del procesamiento del cual obtenemos el desecho de cascarilla de arroz conocido comúnmente como (tamo de arroz). Se trabajó con una población conformada por las piladoras con mayor producción de arroz de la zona del cantón Daule.

Como muestra experimental se seleccionó y utilizó a las piladoras, que nos facilitaron el acceso de sus instalaciones ubicadas en la provincia del guayas:

- Importadora CCW

Representante: Chong Chan Wellington

- Timecorpoc S.A.

Accionista: Karla Torres Reyes

- Arrocería La Palma Cía. Ltd.

Representante: Ramiro Jerez

- Agrícola GM S.A.

Asesor: Humberto Gaviláñez

- Arrocería el Rey S.A.

Asesor: Marcelo Heredia

En cada piladora se trabaja con los operadores de la cascarilla de arroz que corresponde a 3 por cada piladora lo que representan 12 operadores.

### **3.4. Técnicas e instrumentos**

Se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos:

**Observación:** ¿A quién?, ¿Para qué? y el instrumento que es la ficha de observación.

**Entrevista:** ¿A quién?, ¿Para qué? y el instrumento que es el formato de preguntas formuladas.

**Ensayos de Laboratorio:** Se trabajó de manera experimental y en el laboratorio se procedió a realizar las pruebas de ensayo de tracción y flexión de la cascarilla de arroz para la elaboración de los productos industriales.

### **3.5 Instrumentos**

#### **3.5.1 Análisis de resultados**

Entrevista piladoras Importadora CCW

Tabla 3. 8: Entrevistas y análisis a los propietarios de las piladoras 1

| <b>PREGUNTA #1</b>  | <b>¿Qué usos se le dan a la cascarilla en el proceso de pilado?</b>   |
|---|---|
| <b>Importadora CCW</b><br><b>Representante:</b> Chong Chan<br>Wellington  | La cascarilla se utiliza para el proceso de secado del grano de arroz lo cual lo incineramos.   |
| <b>Timecorpoc S.A.</b><br><b>Accionista:</b> Karla Torres Reyes   | La cascarilla se utiliza para el proceso de envejecimiento del grano de arroz lo quemamos en hornos para generar calor.                   |
| <b>Arrocera La Palma Cía. Ltd.</b><br><b>Representante:</b> Ramiro Jerez  | La cascarilla se lo incinera y ese calor que emana los hornos nos ayuda para el secado del grano.   |
| <b>Agrícola GM S.A.</b><br><b>Asesor:</b> Humberto Gavilánez  | La cascarilla se utiliza como fuente de energía la cual la incinera para funcionamiento de los hornos que se dedican al secado del arroz. |
| <b>Arrocera el Rey S.A.</b><br><b>Asesor:</b> Marcelo Heredia   | En el proceso de pilado la cascarilla se lo utiliza como fuente de energía para las máquinas secadoras de arroz.                          |
| <b>Análisis:</b> Según la información recolectada se llega a analizar que la cascarilla de arroz en la mayor parte de piladoras lo utilizan como combustible para el funcionamiento de los hornos de arroz. |   |

Elaborado por: Salinas, D., 2017

Tabla 3. 9: Entrevistas y análisis a los propietarios de las piladoras 2

| <b>PREGUNTA #2</b>   | <b>¿Para qué lo utilizan el desperdicio de cascarilla incinerada?</b>   |
|--|---|
| <b>Importadora CCW</b><br><b>Representante:</b> Chong Chan<br>Wellington | Eso se lo envía para los rellenos sanitarios de los basureros municipales o para el relleno de tierras en mal estado. |
| <b>Timecorpoc S.A.</b><br><b>Accionista:</b> Karla Torres Reyes          | Regalamos para rellenos sanitarios y lo utilizamos para la descontaminación de los cultivos de arroz.                 |
| <b>Arrocera La Palma Cía. Ltd.</b><br><b>Representante:</b> Ramiro Jerez | Con el desecho incinerado lo regalamos como abono o lo utilizamos en nuestros cultivos                                |
| <b>Agrícola GM S.A.</b><br><b>Asesor:</b> Humberto Gavilánez             | Se regala o se lo vota en los desechos  |

|  |   |
|--|---|
| <b>Arrocera el Rey S.A.</b><br><b>Asesor:</b> Marcelo Heredia  | La cascarilla incinerada lo utilizamos para desinfectar los nuevos cultivos de arroz. |
| <b>Análisis:</b> Según la información recolectada se llega a analizar que el desperdicio de la cascarilla incinerada tiene un alto grado de nivel de silicio, por lo cual es utilizada para la descontaminación de los cultivos. |   |

Elaborado por: Salinas, D., 2017

Tabla 3. 10: Entrevistas y análisis a los propietarios de las piladoras 3

| <b>PREGUNTA #3</b>  | <b>¿Qué usos se le dan a la cascarilla a nivel general?</b>  |
|---|--|
| <b>Importadora CCW</b><br><b>Representante:</b> Chong Chan Wellington   | Antes lo utilizaban como balanceado para animales, actualmente lo utilizan para cama de aves y la agroindustria. |
| <b>Timecorpoc S.A.</b><br><b>Accionista:</b> Karla Torres Reyes   | Principalmente se utiliza para descontaminar los nuevos cultivos.  |
| <b>Arrocera La Palma Cía. Ltd.</b><br><b>Representante:</b> Ramiro Jerez  | En la industria del arroz se utiliza como un medio de combustión para el secado del arroz                        |
| <b>Agrícola GM S.A.</b><br><b>Asesor:</b> Humberto Gavilánez  | La cascarilla de arroz se regala o se arroja en los basureros municipales  |
| <b>Arrocera el Rey S.A.</b><br><b>Asesor:</b> Marcelo Heredia   | La cascarilla incinerada lo utilizamos para desinfectar los nuevos cultivos de arroz.                            |
| <b>Análisis:</b> Según la información recolectada se llega a analizar que los usos a nivel general de la cascarilla provocan contaminación para el medio ambiente al momento de ser incinerada, y lo utilizan para la agroindustria; en su gran mayoría es desechada. |  |

Elaborado por: Salinas, D., 2017

Tabla 3. 11: Entrevistas y análisis a los propietarios de las piladoras 4

| <b>PREGUNTA #4</b>  | <b>¿Qué características posee la cascarilla de arroz?</b>   |
|---|---|
| <b>Importadora CCW</b><br><b>Representante:</b> Chong Chan Wellington | Posee características térmicas para las producciones avícolas y de absorción para la agroindustria. |
| <b>Timecorpoc S.A.</b><br><b>Accionista:</b> Karla Torres Reyes       | Posee características de absorción para la agroindustria.   |

|   |   |
|---|---|
| <b>Arrocera La Palma Cía. Ltd.</b><br><b>Representante:</b> Ramiro Jerez  | En la industria del arroz se utiliza como un medio de combustión para el secado del arroz.          |
| <b>Agrícola GM S.A.</b><br><b>Asesor:</b> Humberto Gavilánez  | Posee características térmicas porque genera calor y de absorción de agua en cultivos               |
| <b>Arrocera el Rey S.A.</b><br><b>Asesor:</b> Marcelo Heredia   | La cascarilla posee características de descontaminación de los suelos por su alto grado en silicio. |
| <b>Análisis:</b> Según la información recolectada se llega a analizar que la gran mayoría de personas desconocen las características térmicas mismas que son utilizadas en la producción avícola. |   |

Elaborado por: Salinas, D., 2017

Tabla 3. 12: Entrevistas y análisis a los propietarios de las piladoras 5

| <b>PREGUNTA #5</b>  | <b>¿Qué características pose la cascarilla en la agroindustria?</b>                                 |
|---|---|
| <b>Importadora CCW</b><br><b>Representante:</b> Chong Chan Wellington   | Posee características de absorción y de descontaminación en la tierra.                              |
| <b>Timecorpoc S.A.</b><br><b>Accionista:</b> Karla Torres Reyes   | Posee características de absorción y de descontaminación en la tierra                               |
| <b>Arrocera La Palma Cía. Ltd.</b><br><b>Representante:</b> Ramiro Jerez  | No tiene características  |
| <b>Agrícola GM S.A.</b><br><b>Asesor:</b> Humberto Gavilánez  | No se utiliza   |
| <b>Arrocera el Rey S.A.</b><br><b>Asesor:</b> Marcelo Heredia   | La cascarilla posee características de descontaminación de los suelos por su alto grado en silicio. |
| <b>Análisis:</b> Según la información recolectada se llega a analizar que la mayor parte de la cascarilla es utilizada para la agroindustria como alimento que afecta al sistema digestivo de los animales, la cascarilla incinerada es manipulada como desinfectante del suelo o simplemente es desechada. |   |

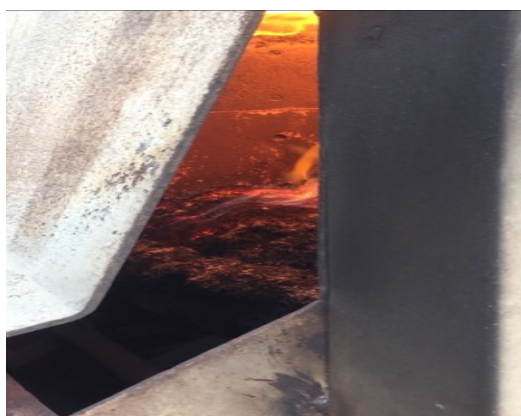
Elaborado por: Salinas, D., 2017

### 3.5.2 Análisis de la información obtenida de las entrevistas

Estudios realizados en el cantón Daule provincia del Guayas determinan que existe en un porcentaje gradual el desconocimiento de las características principales de la cascarilla de arroz, en la gran mayoría de piladoras la cascarilla forma parte de un proceso de pilado la cual es incinerado para el proceso de secado, emite gases tóxicos que afectan al medio ambiente.

Las principales características de la cascarilla son térmicas, acústicas, y de absorción las cuales son utilizadas en avícolas para el acondicionamiento de las aves, permite que la cascarilla emita calor para la sobrevivencia de las mismas, en el lado de la agroindustria es utilizada por su técnica de absorción de agua lo cual permite que las plantas siempre se mantengan húmedas y por su gran alto nivel de silicio permite que sea utilizado como abono natural descontaminante del suelo de plagas, insectos y toda clase de hongos que afecten a la planta en el cultivo.


**Ilustración 3. 11: Resultados del funcionamiento de las piladoras**



Elaborado por: Salinas, D., 2017


### 3.5.3 Análisis e interpretación de las fichas de observación

Tabla 3. 13: Ficha de observación 1

| FICHA DE OBSERVACIÓN N° 1   | REFERENCIAS VISUALES  |
|---|---|
| <p>Después de haber elaborado distintos tipos de tratamiento en la cascarilla de arroz, se determinó que la materia prima está completamente seca para el proceso de pulverización de la fibra, en el siguiente procedimiento de secado se estableció que el tiempo idóneo para que la cascarilla esté completamente seca es de 48 horas.</p> |  |

Elaborado por: Salinas, D., 2017

Tabla 3. 14: Ficha de observación 2

| FICHA DE OBSERVACIÓN N° 2   | REFERENCIAS VISUALES   |
|---|--|
| <p>Para poder someter la fibra natural al tratamiento de pulverizado es necesario de un molino industrial específico para la trituración de cascarilla de arroz, después de realizar el método anteriormente mencionado dio como resultado un polvo habano muy volátil que afecta al sistema respiratorio de las personas, para lo cual es necesario la utilización de mascarilla al momento de la pulverización.</p> |  |

Elaborado por: Salinas, D., 2017

## Pruebas de conformación de material

### 3.5.4.1 Fórmula para el cálculo de densidades y volumen

Para poder determinar el volumen de los componentes de la mezcla se calculó la densidad de los mismos, se utiliza la siguiente formula:

**Ecuación 1**

$$\rho = \frac{m}{v}$$

La ecuación es:  $\rho$  la densidad,  $m$  la masa, y  $v$  el volumen del componente.

**Ilustración 3.12: Probetas**

**Elaborado por: Salinas, D., 2017**

El volumen del polvo de la cascarilla de arroz y la resina se obtuvo a través del uso de una probeta.

### 3.5.4.2 Caso práctico

**Tabla 3. 15: Porcentajes en relación al volumen**

|                     | <b>Volumen (cc)</b> | <b>%</b> |
|---------------------|---------------------|----------|
| Polvo de Cascarilla | 54.05               | 64.58    |
| Resina              | 29.64               | 35.41    |
| Total:              | 83.69               | 100      |

**Elaborado por: Salinas, D., 2017**

## 3.6 Metodología experimental

### Método #1

Estas pruebas se realizaron de la siguiente manera:

1. Se colocó en un recipiente cascarilla y en otro recipiente la cola vinílica, con sus respectivas dosificaciones.
2. Se vierte la cascarilla pulverizada junto al tamo de cascarilla y se forma una sola mezcla.
3. Se vierte en el recipiente de la mezcla junto con la cola vinílica, con secante y se

mezcla hasta obtener una masa homogénea.

4. Se coloca en el molde la masa obtenida y se lo distribuye de una manera uniforme, para evitar que haya espacios de aire.

5. Se calienta el horno doméstico a una temperatura de 250° C, el máximo es de 270° C y el mínimo 160° C.

6. Se coloca el molde dentro del horno de una forma cuidadosa.

7. Se desmolda al enfriar.

**Ilustración 3. 13: Método de experimentación**



**Elaborado por: Salinas, D., 2017**

## **Método #2**

Estas pruebas se realizaron de la siguiente manera:

1. Se colocó en un recipiente cascarilla y en otro recipiente la resina, con sus respectivas dosificaciones.

2. Se vierte la cascarilla pulverizada junto al tamo de cascarilla y se forma una sola mezcla.

3. Se vierte en el recipiente de la mezcla junto con la resina, con secante y se mezcla hasta obtener una masa homogénea.

4. Se coloca en el molde fabricado con las medidas estandarizadas según la norma ASTM D3039/D3039M-14 la masa obtenida y se lo distribuye de una manera uniforme, para evitar que haya espacios de aire.
5. Se deja secar durante 48 horas en un sitio que trascurra bastante ventilación.
6. Se desmolda al enfriar.

**Ilustración 3. 14: Método de experimentación**



**Elaborado por: Salinas, D., 2017**

### **3.7 Medidas estandarizadas norma ASTM D3039/D3039M-14**

El ensayo de tracción realizado en el Centro de fomento productivo metalmeccánico carrocerero de la ciudad de Ambato fue realizado según los parámetros de la normativa para lo cual, se realizó probetas de muestras con medidas específicas.

Ilustración 3. 15: Tabla de dimensiones

| Dimensiones             |            |                     |              |                           |                        |                               |
|-------------------------|------------|---------------------|--------------|---------------------------|------------------------|-------------------------------|
| Orientación de fibras   | Ancho (mm) | Longitud total (mm) | Espesor (mm) | Sobremonta de agarre (mm) | Espesor de agarre (mm) | Angulo de bisel de agarre (°) |
| 0° Unidireccional       | 15         | 250                 | 1.0          | 56                        | 1.5                    | 7 o 90                        |
| 90° Unidireccional      | 25         | 175                 | 2.0          | 26                        | 1.5                    | 90                            |
| Balanceado y simétrico  | 25         | 250                 | 2.5          | Pliego de lija            | -                      | -                             |
| Discontinuo - Aleatorio | 25         | 250                 | 2.5          | Pliego de lija            | -                      | -                             |

Fuente: Centro de Fomento Metalmecánico Carrocero, (2017)

Ilustración 3. 16: Probetas de ensayo



Elaborado por: Salinas, D., 2017, (2017)

### 3.8 Medidas estandarizadas norma ASTM D7264/D7264M-15

El ensayo de flexión realizado en el Centro de fomento productivo metalmecánico carrocero de la ciudad de Ambato fue realizado según los parámetros de la normativa para lo cual, se realizó probetas de muestra con medidas específicas.

Ilustración 3. 17: Tabla de dimensión de muestra

|   |          |                |
|---|----------|----------------|
| <p><b>Nota 1:</b> La longitud de la muestra debe ser aproximadamente 20% más larga que el tramo de apoyo.</p> | Longitud | (160 a 180) mm |
|   | Ancho    | 13 mm          |
|   | Espesor  | 4 mm           |

Fuente: Centro de Fomento Metalmeccánico Carrocero, (2017)






Ilustración 3. 18: Probetas de ensayo



Elaborado por: Salinas, D., 2017

### 3.9 Pruebas experimentales

Tabla 3. 16: Pruebas experimentales

| <b>PROBETA #1</b> | <b>Detalle</b>       | <b>%</b> | <b>Observación</b>   | <b>Imagen</b>   |
|-------------------|----------------------|----------|--|---|
| <i>Carga</i>      | Cascarilla natural   | 26,32    | No tiene olor  |    |
| <i>Resina</i>     | Cola vinílica        | 21,05    | Mezcla grumosa   |   |
| <i>Solvente</i>   | Agua                 | 52,63    | Aspecto rígido y   |   |
| <i>Secante</i>    | Temperatura ambiente | 22 °C    | natural  |   |
| <b>PROBETA #2</b> | <b>Detalle</b>       | <b>%</b> | <b>Observación</b>   | <b>Imagen</b>   |
| <i>Carga</i>      | Polvo de cascarilla  | 60       | No tiene olor  |    |
| <i>Resina</i>     | Poliéster            | 32,16    | Mezcla sólida y  |   |
| <i>Solvente</i>   | -----                |          | uniforme   |   |
| <i>Secante</i>    | Etil                 | 7,84     | Aspecto liso y<br>plano<br>Mejor<br>compactación                                     |   |
| <b>PROBETA #3</b> | <b>Detalle</b>       | <b>%</b> | <b>Observación</b>   | <b>Imagen</b>   |
| <i>Carga</i>      | Cascarilla natural   | 60       | Mezcla sólida y  |   |
| <i>Resina</i>     | Poliéster            | 25,08    | áspera   |   |
| <i>Solvente</i>   | Estireno             | 8,46     | Aspecto  |   |
| <i>Secante</i>    | Metil                | 6,46     | brumoso y liso<br>Textura<br>dispareja<br>granulada                                  |   |
| <b>PROBETA #4</b> | <b>Detalle</b>       | <b>%</b> | <b>Observación</b>   | <b>Imagen</b>   |
| <i>Carga</i>      | Cascarilla natural   | 20       | Aspecto  |  |
|                   | Polvo de cascarilla  | 20       | cristalizado y   |   |
| <i>Resina</i>     | Poliéster            | 43,08    | liso   |   |
| <i>Solvente</i>   | Estireno             | 12,15    | Toma la forma  |   |
| <i>Secante</i>    | Cobalto              | 4,77     | del molde<br>No tiene olor<br>Mezcla sólida y<br>uniforme                            |   |
| <b>PROBETA #5</b> | <b>Detalle</b>       | <b>%</b> | <b>Observación</b>   | <b>Imagen</b>   |
| <i>Carga</i>      | Cascarilla natural   | 30       | Aspecto liso en  |  |
|                   | Polvo de cascarilla  | 20       | el que se mezcla   |   |
| <i>Resina</i>     | Poliéster            | 37,32    | la carga que   |   |
| <i>Solvente</i>   | Estireno             | 11,54    | proporciona un   |   |
| <i>Secante</i>    | Cobalto              | 1,14     | color habano<br>claro y se<br>adhiera fácil a la<br>forma del molde<br>No tiene olor |   |

### 3.10 Análisis de probetas

#### PROBETA # 1

Después de haber realizado diferentes tipos de probetas con distintas mezclas, se pudo llegar a la conclusión que el 26,32% es de cascarilla natural, y el 21,05% de cola vinílica, 52,63% de agua, a una temperatura ambiente de 22°C, se obtiene un material de aspecto uniformemente liviano con mayores características naturales por su aspecto y textura grumosa.

**Ilustración 3. 19: Probeta material #1**



Elaborado por: Salinas, D., 2017

#### PROBETA # 2

Después de haber realizado diferentes tipos de probetas con distintas mezclas se pudo llegar a la conclusión que el 60% es polvo de cascarilla, y el 32,16% de resina poliéster más 7,84% de etil, a una temperatura ambiente de 22°C, se obtiene un material de aspecto uniformemente regido con características similar a de la madera por su dureza y compactibilidad, tiene un aspecto cristalizado, lo cual permite que el material se vuelva permeable por su textura cristalizada, forma una capa contra agua lo cual nos permita su aplicación en exteriores.

**Ilustración 3. 20: Material probeta # 2**

Elaborado por: Salinas, D., 2017

**PROBETA # 3**

Después de haber realizado diferentes tipos de probetas con distintas mezclas se pudo llegar a la conclusión que el 60% es de cascarilla natural, y el 25,08% de resina poliéster, más 8,46% de estireno, 6,46% de metil a una temperatura ambiente de 22°C se obtiene un material de aspecto uniformemente sólido y brumoso con una textura dispareja granulada con características naturales en su superficie, de un aspecto de textura natural con brillo, lo cual permite que el material se vuelva permeable por su textura cristalizada, con un aspecto físico llamativo lo cual permita ser aplicado para el desarrollo de objetos decorativos.

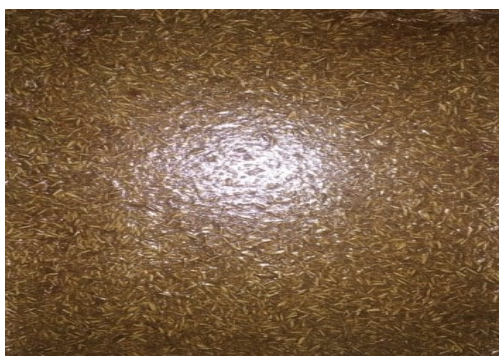
**Ilustración 3. 21: Material probeta #3**

Elaborado por: Salinas, D., 2017

#### **PROBETA # 4**

Después de haber realizado diferentes tipos de probetas con distintas mezclas se pudo llegar a la conclusión que la probeta #4 con el 20% de cascarilla natural, y el 20% polvo de cascarilla, 43,08% de resina poliéster, 12,15% de estireno, y el 4,77% de cobalto a una temperatura ambiente de 22°C, se obtiene un material de aspecto uniformemente de aspecto cristalizado y liso este material es mucho más compacto con la forma del molde, es mucho más fácil desmontaje para el desarrollo de productos es una mezcla solida con mayor rigidez de un tono café similar al de la madera.

**Ilustración 3. 22: Material probeta # 4**



**Elaborado por: Salinas, D., 2017**

#### **PROBETA # 5**

Después de haber realizado diferentes tipos de probetas con distintas mezclas se pudo llegar a la conclusión que el 37,32% de resina poliéster, y el 11,54% de estireno, el 1,14% de cobalto secante y el 30% de cascarilla natural, el 20% de cascarilla triturada conforman las medidas necesarias para que se pueda obtener un material de aspecto uniforme con mayor compactación y resistencia para la fabricación de objetos.

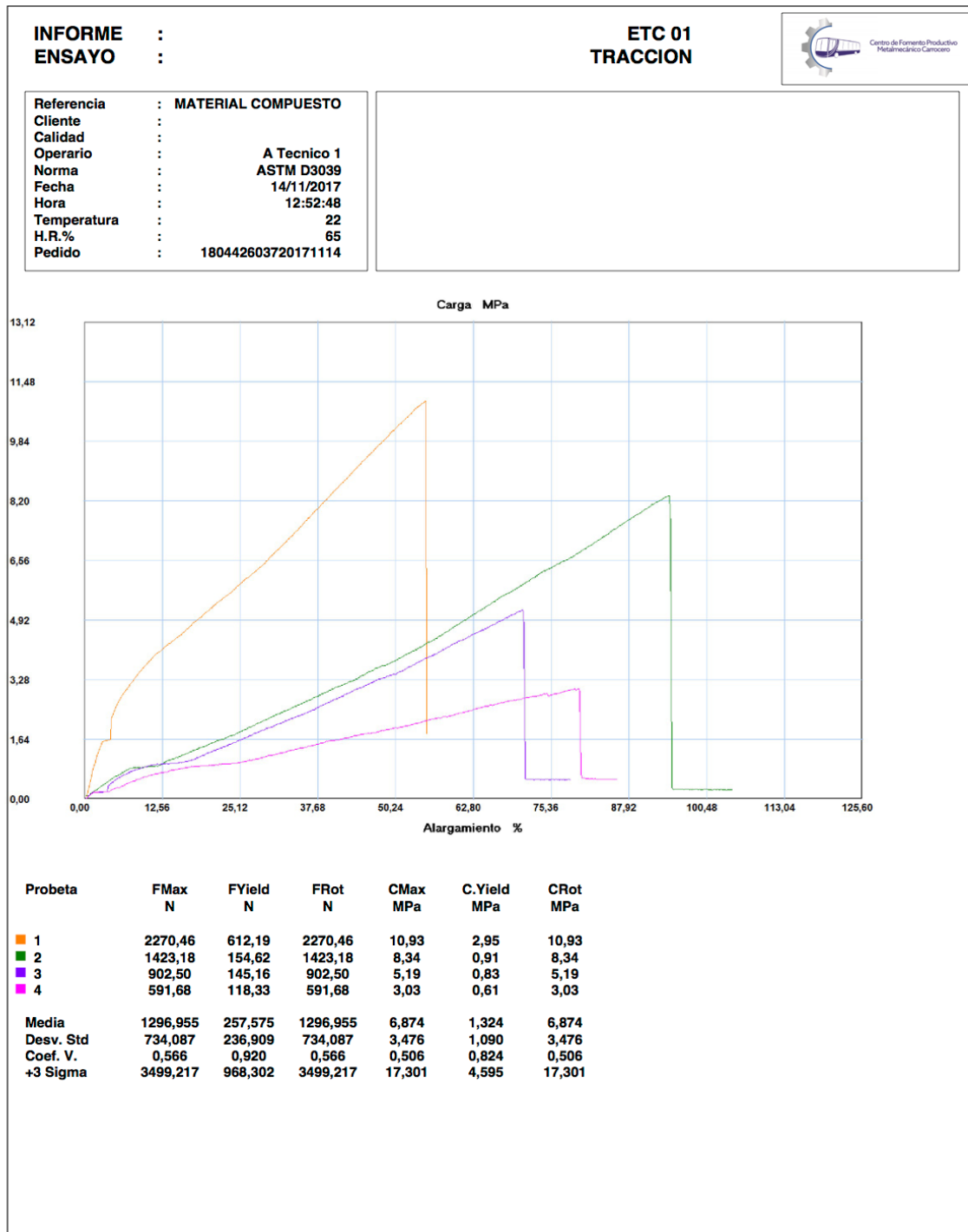
**Ilustración 3. 23: Material Probeta #5**



**Elaborado por: Salinas, D., 2017**

### 3.11 Análisis e interpretación de resultados

Ilustración 3. 24: Ensayo de tracción



Fuente: Centro de Fomento Metalmeccánico Carrocero, (2017)

### Ilustración 3. 25: Parámetros y Velocidades

| <b>Parametros</b>     |   |          |        |
|-----------------------|---|----------|--------|
| Precarga              | = | 0,00     | N      |
| Caida %               | = | 100,00   |        |
| Retorno Automatico    | = | 1,00     |        |
| Limite Fuerza         | = | 45000,00 | N      |
| Limite Desplazamiento | = | 40,00    | mm     |
| Stop Ext              | = | 30,00    | mm     |
| <b>Velocidades</b>    |   |          |        |
| Precarga              | = | 10,00    | mm/min |
| Ensayo                | = | 10,00    | mm/min |
| Retorno               | = | 100,00   | mm/min |
| Posicionamiento       | = | 300,00   | mm/min |


**Fuente: Centro de Fomento Metalmeccánico Carrocero, (2017)**

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponde al ensayo de tracción realizado en materiales compuestos con diferentes dosificaciones de cascarilla de arroz que se subdividieron en cuatro tipos de probetas, probetas # 1 con un 40% de resina poliéster, 60% de cascarilla triturada, mediante el análisis la fuerza máxima de impacto es de 2270,46, lo que establece que el material al ser extremadamente rígido y duro se quiebra, por no tener características maleables, en comparación a la probeta # 2 con dosificaciones de 60% de resina poliéster, 20% de cascarilla triturada y 20% de cascarilla natural, lo que permite obtener un material con mayor compactibilidad, flexibilidad y resistencia, apto para el desarrollo de nuevos productos, no obstante las probetas # 3 y # 4 no cumplen las características de resistencia para la elaboración de objetos industriales.

Ilustración 3. 26: Informe de resultados



Centro de Fomento Productivo  
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS**  
**INFORME DE RESULTADOS N°: 180442603720171114-ETC**

**DATOS GENERALES**

**Datos informativos:** N° de proforma: RM\_2017\_062  
**Empresa / Cliente:** Giovanni David Salinas Vélez.  
**RUC/C.I.:** 1804395307001      **Ciudad:** Ambato.  
**Dirección:** Av. Albert Einstein, Conjunto El Prado, Ambato.  
**Teléfono:** 0995721581      **Correo:** giova\_ds@hotmail.com

**Datos del ensayo:**  
**Lugar de Ejecución del Ensayo:** Laboratorio de Resistencia de Materiales.  
**Dirección:** Ambato/Catiglata. Toronto y Rio de Janeiro.  
**Método de ensayo:** ASTM D3039-2015. Método de prueba estándar para propiedades de tracción de materiales compuestos de matriz de polimérica.  
**Tipo de ensayo:** Cuantitativo.      **Tipo de probeta:** Plana.  
**Equipo utilizado:** Maquina de ensayos universal. Metro test 50 kN  
**Velocidad de ensayo:** 10 mm/min      **Precarga:** 0 N  
**Fecha de Inicio de Ensayo:** 07/11/2017. **Fecha de Finalización de Ensayo:** 08/11/2017.  
 Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de materiales compuestos. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

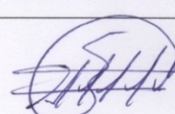
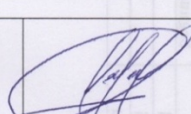
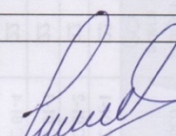
**OBJETOS DE ENSAYO**

**Número de Probetas cuantificadas**

| N°           | Identificación del grupo    | Resina poliéster (%) | Cascarilla de arroz (%) |              | Probetas a Ensayar |
|--------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------|--------------|--------------------|
|              |                             |                      | Triturada               | Sin triturar |                    |
| 1            | 180442603720171114 ETC 01-1 | 40                   | 60                      | -            | 1                  |
| 2            | 180442603720171114 ETC 01-2 | 60                   | 20                      | 20           | 1                  |
| 3            | 180442603720171114 ETC 01-3 | 50                   | 20                      | 30           | 1                  |
| 4            | 180442603720171114 ETC 01-4 | 40                   | -                       | 60           | 1                  |
| <b>TOTAL</b> |                             |                      |                         |              | <b>4</b>           |

**Nota:** Las probetas fueron realizadas en un molde con la utilización de mezcla de resina poliéster con refuerzo de cascarilla de arroz, se utilizó proceso de sin/con triturado para la fabricación de las probetas.

**Observaciones:** Ninguna.

|  |   |   |
|--|---|---|
| <br><b>Elaborado por:</b><br>Ing. Fernando Galarza<br>Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC | <br><b>Elaborado por:</b><br>Ing. Angel Balseca<br>Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC | <br><b>Aprobado por:</b><br>Ing. Esteban López Espinel<br>Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC |
|--|---|---|

**Fecha de entrega de Informe:** Ambato, 14 de noviembre de 2017.  
**N°. Factura:** 001-002-000003734


Código: RG-RM-004  
 Fecha de Elaboración: 11-05-2016  
 Fecha de última aprobación: 21-06-2017  
 Revisión: 7

**INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN MATERIALES COMPUESTOS**


Página 1 de 2

Fuente: Centro de Fomento Metalmecánico Carrocero, (2017)

### Ilustración 3. 27: Recepción e identificación de probetas.



Centro de Fomento Productivo  
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

#### RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE PROBETAS

|   |                      |
|---|----------------------|
| Informe N°: 180442603720171114-ETC  |                      |
| <b>DATOS DEL CLIENTE</b>  |                      |
| Empresa / Cliente: Giovanni David Salinas Vélez   |                      |
| Dirección: Av. Albert Einstein, Conjunto El Prado, Ambato                                       |                      |
| NÚM. DE CEDULA / RUC: 1804426037  | TELÉFONO: 0995721581 |
| E-MAIL: giova_ds@hotmail.com  |                      |
| <b>DATOS INFORMATIVOS</b>   |                      |
| Laboratorio: Resistencia de Materiales.   |                      |
| Designación del material: Material matriz resina poliéster más refuerzo de cascarilla de arroz. |                      |
| Método de ensayo: ASTM D3039-2015   |                      |

**Número de Probetas cuantificadas.**

| N°           | Identificación del grupo    | Resina poliéster (%) | Cascarilla de arroz (%) |              | Probetas a Ensayar |
|--------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------|--------------|--------------------|
|              |                             |                      | Triturada               | Sin triturar |                    |
| 1            | 180442603720171114 ETC 01-1 | 40                   | 60                      | -            | 1                  |
| 2            | 180442603720171114 ETC 01-2 | 60                   | 20                      | 20           | 1                  |
| 3            | 180442603720171114 ETC 01-3 | 50                   | 20                      | 30           | 1                  |
| 4            | 180442603720171114 ETC 01-4 | 40                   | -                       | 60           | 1                  |
| <b>TOTAL</b> |                             |                      |                         |              | <b>4</b>           |

**Nota:** Las probetas fueron realizadas en un molde con la utilización de mezcla de resina poliéster con refuerzo de cascarilla de arroz, se utilizó proceso de sin/con triturado para la fabricación de las probetas.

Observaciones: Ninguna

Elaborado por:  
Ing. Fernando Galera

**RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN  
DE MUESTRAS**


Aprobado por:  
Ing. Benigno Sánchez Pineda

Código: RG-RM-001  
 Fecha de Elaboración: 06-07-2016  
 Fecha de última aprobación: 12-01-2017  
 Revisión: 2


Página 1 de 2

Fuente: Centro de Fomento Metalmecánico Carrocero, (2017)

Ilustración 3. 28: Hoja de almacenamiento de muestras



Centro de Fomento Productivo  
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

**HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS**

Informe N°: 180439530720171020-ETC

**DATOS DEL CLIENTE**

Empresa / Cliente: Giovanni David Salinas Vélez

DIRECCION: Av. Albert Einstein, Conjunto El Prado, Ambato

NÚM. DE CEDULA / RUC: 1804426037      TELÉFONO: 0995721581


E-MAIL: giova\_ds@hotmail.com

**DATOS INFORMATIVOS**

Laboratorio: Resistencia de Materiales.

Designación del material: Material matriz resina poliéster más refuerzo de cascarilla de arroz.

Método de ensayo: ASTM D3039-2015

| N° | IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA | FECHA INGRESO | FECHA ELIMINACIÓN | RESPONSABLE | OBSERVACIONES      | Evidencias   |
|----|------------------------------|---------------|-------------------|-------------|--------------------|--|
| 1  | 180442603720171114 ETC 01-1  | 14/11/2017    | 15/11/2017        | Cliente     | Entrega al cliente |  |
| 2  | 180442603720171114 ETC 01-2  | 14/11/2017    | 15/11/2017        | Cliente     | Entrega al cliente |  |
| 3  | 180442603720171114 ETC 01-3  | 14/11/2017    | 15/11/2017        | Cliente     | Entrega al cliente |  |
| 4  | 180442603720171114 ETC 01-4  | 14/11/2017    | 15/11/2017        | Cliente     | Entrega al cliente |  |

Código: RG-RM-003

Fecha de Elaboración: 06-07-2016

Fecha de última aprobación: 17-01-2017

Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Página 1 de 2

Fuente: Centro de Fomento Metalmecánico Carrocero, (2017)

Ilustración 3. 29: Resultados

| Pro beta | Identificación de probeta   | Temperatura (°C) | Humedad Relativa (%) | Dimensiones mm |         | Fuerza máxima (N) | Esfuerzo máximo de tracción (MPa) | Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa) | % Elongación (Calculado) | Tipo de falla evaluado |
|----------|-----------------------------|------------------|----------------------|----------------|---------|-------------------|-----------------------------------|---|--------------------------|------------------------|
|          |                             |                  |                      | Ancho          | Espesor |                   |                                   |   |                          |                        |
| 1        | 180442603720171114 ETC 01-1 | 22               | 65                   | 25,86          | 8,03    | 2270,46           | 10,93                             | 441,95                                  | 5,83                     | LGM                    |
| 2        | 180442603720171114 ETC 01-2 | 22               | 65                   | 25,02          | 6,82    | 1423,18           | 8,34                              | 196,15                                  | 5,69                     | LIT                    |
| 3        | 180442603720171114 ETC 01-3 | 22               | 65                   | 25,20          | 6,90    | 902,5             | 5,19                              | 163,53                                  | 5,63                     | LIT                    |
| 4        | 180442603720171114 ETC 01-4 | 22               | 65                   | 26,14          | 7,47    | 591,68            | 3,03                              | 84,36                                   | 6,39                     | LGM                    |

**Resultados:**

**Nomenclatura:**

**De tipo de falla evaluado:** El tipo de falla evaluado se lo realiza mediante los criterios de la norma ASTM D3039-2015.

| Primer carácter | Segundo carácter | Tercer carácter |
|-----------------|------------------|-----------------|
| L               | A                | T               |
| L               | I                | T               |
| A               | G                | M               |
|                 |                  | Medio           |

**Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero**

**Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua**

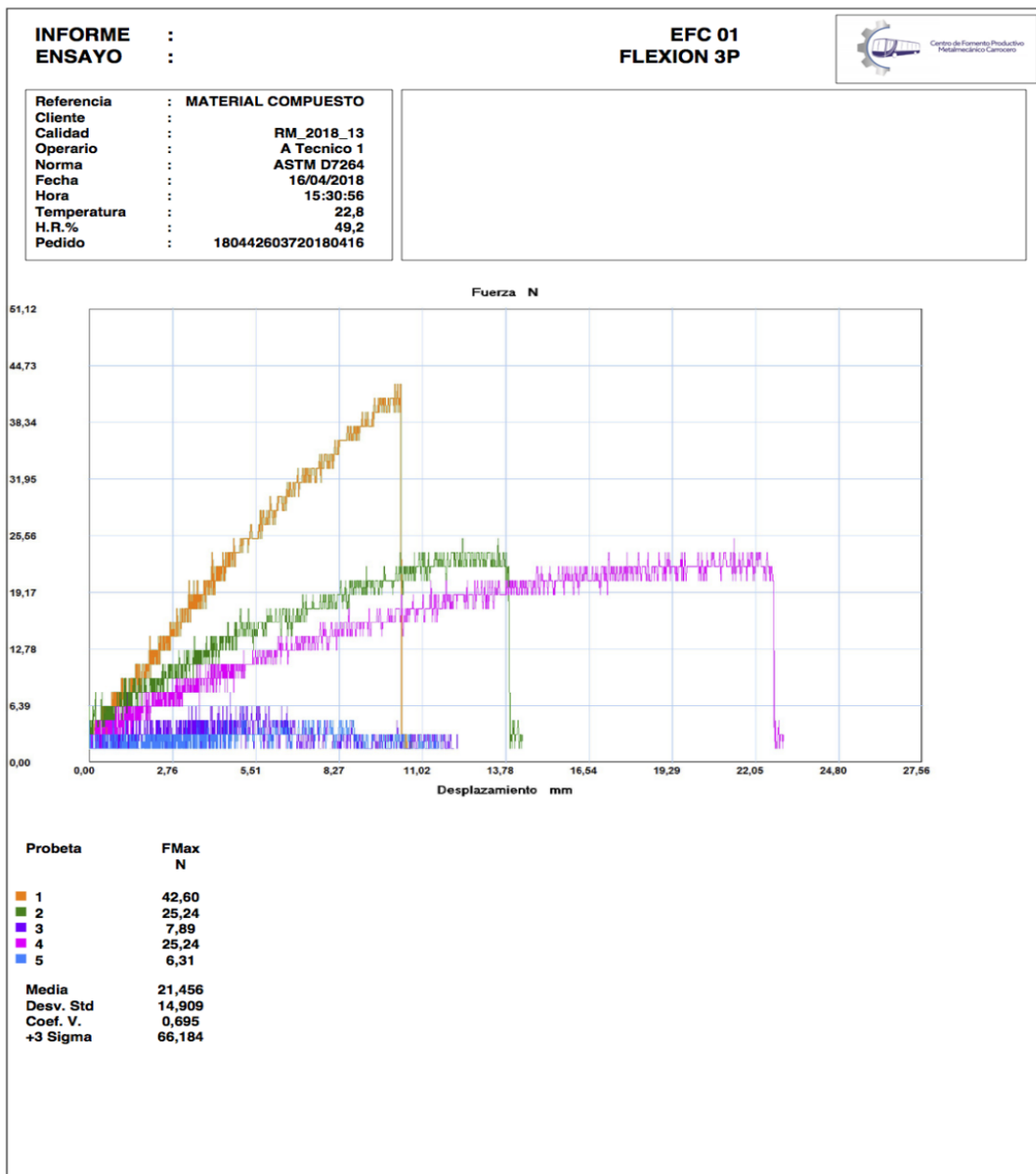
**INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN MATERIALES COMPUESTOS**

**Código:** RG-RM-004  
**Fecha de Elaboración:** 11-05-2016  
**Fecha de última aprobación:** 21-06-2017  
**Revisión:** 7

**Página 2 de 2**

Fuente: Centro de Fomento Metalmecánico Carrocero

Ilustración 3. 30: Ensayo de Flexión



**Fuente: Centro de Fomento Metalmeccánico Carrocero, (2017)**

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponde al ensayo de flexión realizado en materiales compuestos con diferentes dosificaciones de cascarilla de arroz que se subdividieron en cuatro tipos de probetas, probetas # 1 con un 50% de resina poliéster, 50% de cascarilla triturada, como es un material rígido, no existe elasticidad para la creación y manejo del material, las probeta # 2 # 4 son aptas para la elaboración de los productos, cumplen con las características de maleabilidad con un 196%, las probetas #3 no cumple los requerimientos necesarios para el desarrollo de productos de elasticidad.

**Ilustración 3. 31: Parámetros Velocidades y Cálculos**

| <b>Parámetros</b>     |   |         |    |
|-----------------------|---|---------|----|
| Precarga              | = | 0,00    | N  |
| Caida %               | = | 80,00   |    |
| Retorno Automatico    | = | 1,00    |    |
| Limite Fuerza         | = | 5000,00 | N  |
| Limite Desplazamiento | = | 25,00   | mm |


| <b>Velocidades</b> |   |        |        |
|--------------------|---|--------|--------|
| Precarga           | = | 10,00  | mm/min |
| Ensayo             | = | 10,00  | mm/min |
| Retorno            | = | 100,00 | mm/min |
| Posicionamiento    | = | 100,00 | mm/min |

| <b>Cálculos</b>  |   |        |    |
|------------------|---|--------|----|
| Distancia Apoyos | = | 160,00 | mm |

Fuente: Centro de Fomento Metalmeccánico Carrocero, (2017)

### Ilustración 3. 32: Ensayo de Flexión de materiales compuestos



Centro de Fomento Productivo  
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**ENSAYO DE FLEXIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS**  
**INFORME DE RESULTADOS N°: 180442603720180416-EFC**

**DATOS GENERALES**

**Datos informativos:** N° de proforma: RM\_2018\_013  
**Empresa / Cliente:** Sr. Giovanni David Salinas Vélez.  
**RUC/C.I.:** 1804395307001      **Ciudad:** Ambato.  
**Dirección:** Av. Albert Einstein, Conjunto El Prado, Ambato.  
**Teléfono:** 0995721581      **Correo:** giova\_ds@hotmail.com

**Datos del ensayo:**  
**Lugar de Ejecución del Ensayo:** Laboratorio de Resistencia de Materiales.  
**Dirección:** Ambato/Catiglata. Toronto y Rio de Janeiro.  
**Método de ensayo:** ASTM D7264-2015. Método de prueba estándar para propiedades de flexión de materiales compuestos de matriz de polímero.  
**Tipo de ensayo:** Cuantitativo.      **Procedimiento:** A  
**Equipo utilizado:** Máquina de ensayos universal. Metro test 50 kN  
**Velocidad de ensayo:** 10 mm/min    **Precarga:** 0 N    **Distancia entre apoyos:** 160 mm  
**Fecha de Inicio de Ensayo:** 16/04/2018.    **Fecha de Finalización de Ensayo:** 16/04/2018.  
 Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de materiales compuestos. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

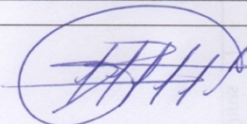
**OBJETOS DE ENSAYO**

**Número de Probetas cuantificadas.**

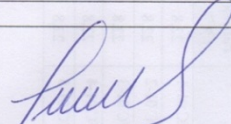
| N°    | Identificación del grupo    | Resina poliéster (%) | Cascarilla de arroz (%) |         | Probetas a Ensayar |
|-------|-----------------------------|----------------------|-------------------------|---------|--------------------|
|       |                             |                      | Triturada               | Natural |                    |
| 1     | 180442603720180416-EFC 01-1 | 50                   | 50                      | -       | 1                  |
| 2     | 180442603720180416-EFC 01-2 | 60                   | 25                      | 20      | 1                  |
| 3     | 180442603720180416-EFC 01-3 | 20                   | 20                      | 60      | 1                  |
| 4     | 180442603720180416-EFC 01-4 | 10                   | 70                      | 10      | 1                  |
| 5     | 180442603720180416-EFC 01-5 | 20                   | 20                      | 50      | 1                  |
| TOTAL |                             |                      |                         |         | 5                  |

Nota: Las probetas fueron realizadas en un molde con la utilización de mezcla de resina poliéster con refuerzo de cascarilla de arroz, se utilizó proceso de sin/con triturado para la fabricación de las probetas.

**Observaciones:** Ninguna.



**Elaborado por:**  
Ing. Fernando Galarza Mg.  
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones  
CFPMC



**Aprobado por:**  
Ing. Esteban López Espinel MEng.  
Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones  
CFPMC

**Fecha de entrega de Informe:** Ambato, 17 de abril de 2018.  
**N°. Factura:** 001-002-000004708

Código: RG-RM-004  
 Fecha de Elaboración: 11-05-2016  
 Fecha de última aprobación: 09-11-2017  
 Revisión: 8

**INFORME DE ENSAYO DE FLEXIÓN MATERIALES COMPUESTOS**

Página 1 de 2

Fuente: Centro de Fomento Metalmecánico Carrocero, (2017)

### Ilustración 3. 33: Ensayo Solicitado



Centro de Fomento Productivo  
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

| ENSAYO SOLICITADO |                             |                                 |            |            |
|-------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------|------------|
| No.               | No. DE PROBETA              | DESCRIPCIÓN                     | FECHAS     |            |
|                   |                             |                                 | RECEPCIÓN  | ENSAYO     |
| 1                 | 180442603720180416-EFC 01-1 | Cumple criterios dimensionales. | 16/04/2018 | 16/04/2018 |
| 2                 | 180442603720180416-EFC 01-2 | Cumple criterios dimensionales. | 16/04/2018 | 16/04/2018 |
| 3                 | 180442603720180416-EFC 01-3 | Cumple criterios dimensionales. | 16/04/2018 | 16/04/2018 |
| 4                 | 180442603720180416-EFC 01-4 | Cumple criterios dimensionales. | 16/04/2018 | 16/04/2018 |
| 5                 | 180442603720180416-EFC 01-5 | Cumple criterios dimensionales. | 16/04/2018 | 16/04/2018 |

**DATOS INFORMATIVOS:** De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo, mas no en las dimensiones. El cliente acepta que se ensaye con estas observaciones.

|   |   |
|---|---|
|     |  |
| <b>Elaborado por:</b>   | <b>Aprobado por:</b>  |
| Ing. Fernando Galarza Chacón<br>Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC | Ing. Esteban López Espinel<br>Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC |
|   |   |
| <b>Cliente</b>  |   |

**NOTA:** LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN, NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

Código: RG-RM-001  
Fecha de Elaboración: 06-07-2016  
Fecha de última aprobación: 09-05-2017  
Revisión: 3

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN  
DE MUESTRAS

Página 2 de 2

Fuente: Centro de Fomento Metalmecánico Carrocero, (2017)

Ilustración 3. 34: Resultados 2

| Probeta | Identificación de probeta   | Temperatura (°C) | Humedad Relativa (%) | Dimensiones mm |         | Fuerza máxima (N) | Deflexión (mm) | Esfuerzo máximo de flexión (MPa) | Módulo de elasticidad secante de flexión (MPa) | Deformación máxima (%) | Tipo de falla evaluado |
|---------|-----------------------------|------------------|----------------------|----------------|---------|-------------------|----------------|----------------------------------|--|------------------------|------------------------|
|         |                             |                  |                      | Ancho          | Espesor |                   |                |                                  |  |                        |                        |
| 1       | 180442603720180416-EFC 01-1 | 22,8             | 49,2                 | 12,88          | 5,22    | 42,60             | 10,097         | 29,13                            | 2358,25  | 1,24                   | OAL                    |
| 2       | 180442603720180416-EFC 01-2 | 22,8             | 49,2                 | 12,73          | 4,80    | 25,24             | 12,344         | 20,65                            | 1487,24  | 1,39                   | OAL                    |
| 3       | 180442603720180416-EFC 01-3 | 22,8             | 49,2                 | 13,01          | 5,20    | 7,89              | 4,671          | 5,38                             | 945,54   | 0,57                   | OAL                    |
| 4       | 180442603720180416-EFC 01-4 | 22,8             | 49,2                 | 12,56          | 4,45    | 25,24             | 21,331         | 24,36                            | 1094,73  | 2,22                   | OAL                    |
| 5       | 180442603720180416-EFC 01-5 | 22,8             | 49,2                 | 13,04          | 5,10    | 6,31              | 5,071          | 4,47                             | 736,63   | 0,61                   | OAL                    |

**Resultados:**

**Nomenclatura:**

**De tipo de falla evaluado:** el tipo de falla evaluado se lo realiza mediante los criterios de la norma ASTM D7264-2015.

| Primer carácter | Segundo carácter                   | Tercer carácter |
|-----------------|------------------------------------|-----------------|
| O               | A                                  | B               |
| O               | L                                  | V               |
|                 | En el punto de carga               | Fondo           |
|                 | Entre la carga y el punto de apoyo | varios          |


Código: RG-RM-004  
Fecha de Elaboración: 11-05-2016  
Fecha de última aprobación: 09-11-2017  
Revisión: 8

INFORME DE ENSAYO DE FLEXIÓN MATERIALES COMPUESTOS


Página 2 de 2

Fuente: Centro de Fomento Metalmecánico Carrocero, (2017)

Ilustración 3. 35: Muestras de entrega al cliente


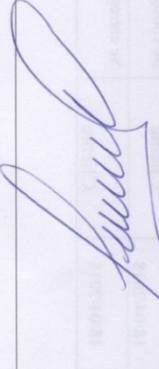
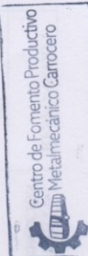


Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

Todas las muestras se entregan al cliente. El centro no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las otras, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

|   |  |
|---|--|
|                                      |                                    |
| <p><b>Elaborado por:</b><br/>Ing. Fernando Galarza Chacón<br/>Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC</p> | <p><b>Aprobado por:</b><br/>Ing. Esteban López Espinel<br/>Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC</p> |
| <p>Cliente</p>  |                                    |

Código: RG-RM-003  
Fecha de Elaboración: 06-07-2016  
Fecha de última aprobación: 17-01-2017  
Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO  
DE MUESTRAS

Página 2 de 2

Fuente: Centro de Fomento Metalmeccánico Carrocero, (2017)

## **CAPÍTULO IV**

### **DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

#### **4.1 Objetivo/ tema y datos informativos**

En países de Sudamérica se utilizan los desechos de cascarilla de arroz, con distintos procesos de compactación y adhesión, para la creación de compuestos ecológicos que mediante procesos de moldeo permite la creación de nuevos productos.

A través de las características físicas como químicas investigadas que contiene la cascarilla de arroz, principal materia prima en el desarrollo de complementos decorativos para el hogar, como también en la elaboración de paneles acústicos y térmicos, por su función de aislamiento se aplican en la elaboración de porta ollas, como material ignífugo. Los complementos decorativos toman un papel protagónico que se plantea como objetivo del presente capítulo diseñar alternativas de productos que garanticen la aplicación de la cascarilla de arroz y su funcionalidad según el material desarrollado.

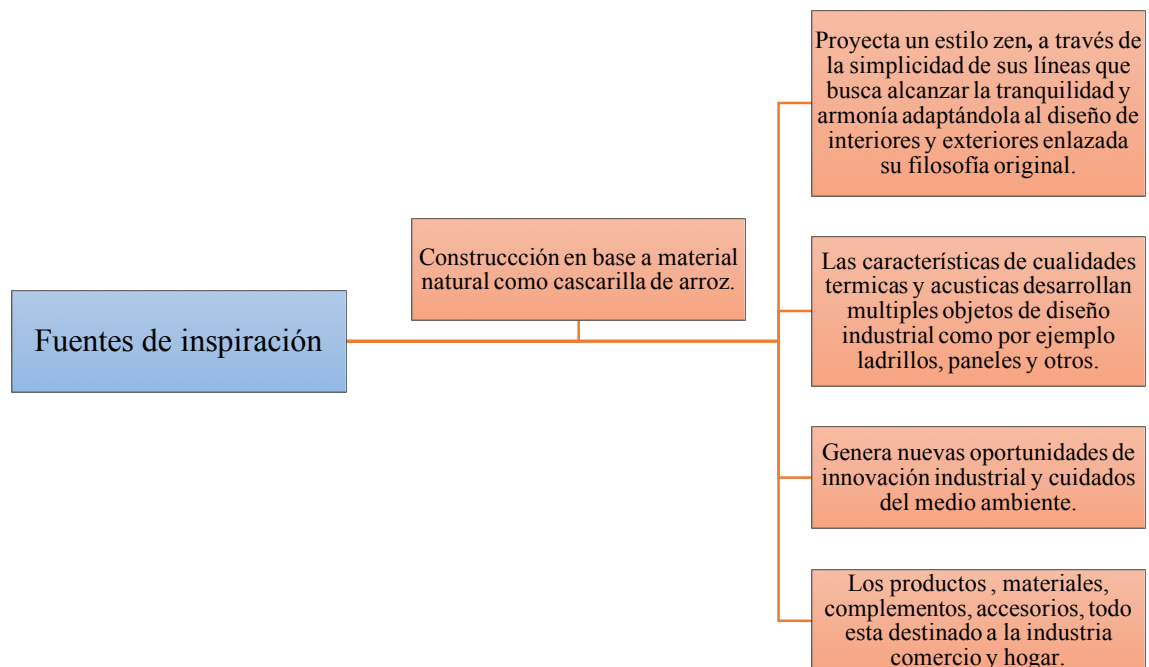
#### **4.2 Antecedentes y justificación**

Actualmente pese a los cambios que ha sufrido la economía del país en el área de la agroindustria se impulsa a la industrialización de la cascarilla de arroz reutilizable, por las insuficientes investigaciones y desconocimiento de las personas no es utilizada apropiadamente y es desechada en terrenos baldíos, ríos, regadíos y riachuelos que afecta al medio ambiente. Incursiona en el desarrollo de la industria y utiliza sus características físicas, químicas, térmicos, acústicos y de absorción para cubrir las necesidades de las personas, basándose en parámetros subjetivos como la representación de espacios, colores, mobiliario e iluminación, y otras. Los complementos decorativos

toman un papel protagónico de impacto al momento de remodelar o crear un espacio, el cual genera un cambio totalmente estético a cualquiera de las estancias del hogar.

### 4.3 Fuentes de inspiración o base de expresión gráfica

Ilustración 4. 36: Fuente de inspiración



Elaborado por: Salinas, D., 2017

### 4.4 Propuesta Gráfica

#### 4.4.1 Marca

ProRice representa a través de la marca una innovación en el mercado por las características del material, “PRO” viene de la palabra productos y “RICE” es el significado de arroz en inglés, es el principal componente de nuestra materia prima para elaboración de dichos productos, el estudio de los colores como el gris que permite la estabilidad e inspira a la creatividad y simboliza el éxito, el plata representa la paz y la tenacidad, por último el verde con el equilibrio, naturaleza, crecimiento y esperanza que nos brinda el diseño, con la búsqueda de innovación mediante las tendencias actuales.

Imagen 1.4.1. Logotipo



Elaborado por: Salinas, D., 2017

#### 4.4.2 Tipografía

El uso de la tipografía Astera regular fue seleccionada debido a su contraste tipográfico, se acopla al isotipo, la cual fue aplicada en cuenta por su estilo poco convencional y contemporáneo que da realce y mayor legibilidad al contenido escrito.

Imagen 2.4.2. Tipografía



Fuentes: Elaborado por el autor

#### 4.4.3 Isotipo

Imagen 3.4.3. Isotipo



Elaborado por: Salinas, D., 2017

#### 4.4.4 Logotipo

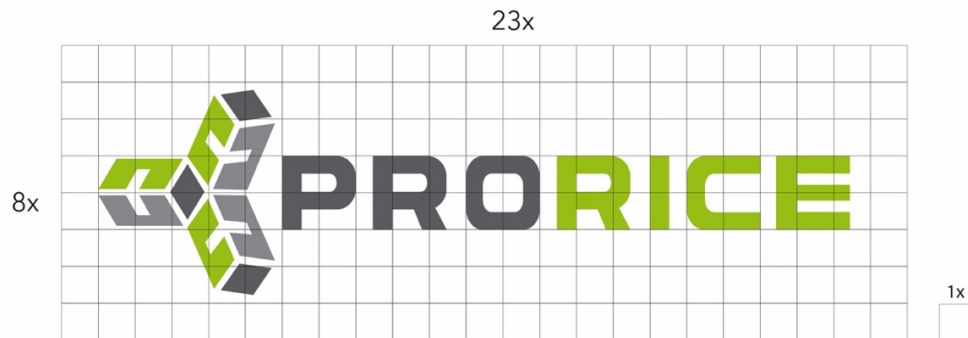
Imagen 4.4.4 Logotipo



Elaborado por: Salinas, D., 2017

#### 4.4.5 Malla reticular

Imagen 5.4.5. Malla reticular







Elaborado por: Salinas, D., 2017

Cada cuadrado se considera de 1cm, es decir el alto mayor del logotipo es de 8 cuadrados, y de ancho 23 cuadrados en general.

#### 4.4.6 Código Cromático

Formato para medios impresos





Tabla N° 1: 4.1 Valores CMYK a color

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
|  | <b>C</b> 50%<br><b>M</b> 0%<br><b>Y</b> 100%<br><b>K</b> 0% |  | <b>C</b> 0%<br><b>M</b> 0%<br><b>Y</b> 0%<br><b>K</b> 60%  |
|  | <b>C</b> 0%<br><b>M</b> 0%<br><b>Y</b> 0%<br><b>K</b> 80%   |  | <b>C</b> 0%<br><b>M</b> 0%<br><b>Y</b> 0%<br><b>K</b> 100% |

Elaborado por: Salinas, D., 2017

Formato para medios digitales

Tabla N° 2: 4.2 Valores RGB

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
|  | <b>R</b> 163%<br><b>G</b> 189%<br><b>B</b> 49% |  | <b>R</b> 135%<br><b>G</b> 134%<br><b>B</b> 138% |
|  | <b>R</b> 91%<br><b>G</b> 91%<br><b>B</b> 95%   |  | <b>R</b> 33%<br><b>G</b> 25%<br><b>B</b> 21%    |

Elaborado por: Salinas, D., 2017

#### 4.4.7 Escala de grises

Imagen 6.4.6. Escala de grises



Elaborado por: Salinas, D., 2017

#### 4.4.8 Soporte en positivo y negativo

El uso del logotipo se aplicara sobre cualquier color en base al soporte en negativo y positivo.

Imagen 7.4.7 Soporte en positivo y negativo



Elaborado por: Salinas, D., 2017

#### 4.4.9 Medidas máximas y mínimas

Imagen 8.4.8. Límite de seguridad



Elaborado por: Salinas, D., 2017

#### 4.4.10 Versiones de uso permitido

Imagen 9.4.9. Versiones de uso permitido



Elaborado por: Salinas, D., 2017

#### 4.4.11 Versiones de uso no permitido

Imagen 10.4.10. Versiones de uso no permitido

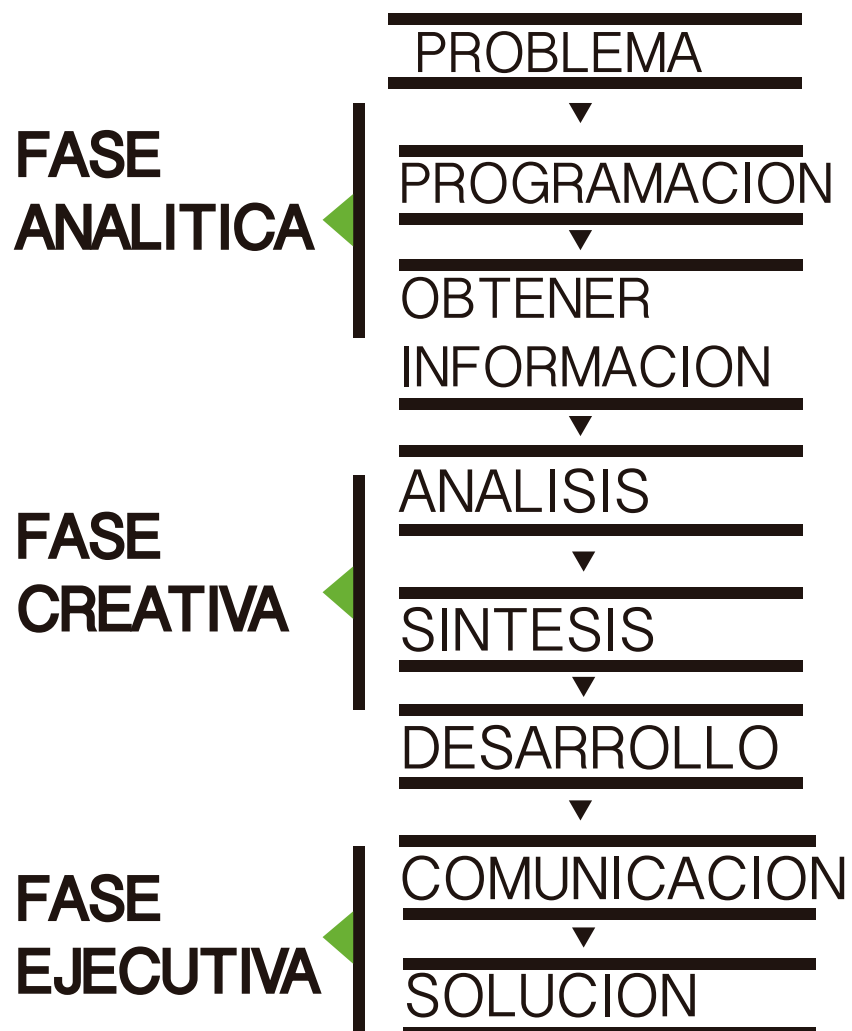


Elaborado por: Salinas, D., 2017

#### 4.4.12 Método de diseño

La metodología aplicada en el desarrollo del proyecto es la de Bruce Archer, seguir las fases de diseño los cuales son: analítica, creativa y ejecutiva; se obtiene los datos más relevantes del caso para la correcta realización y fusión del prototipo final.

Ilustración 4. 37: Método de diseño



Elaborado por: Salinas, D., 2017

## **4.5 Fase analítica**

Se realiza un proceso de análisis y recopilación de datos necesarios más relevantes para la ejecución de la propuesta.

En esta fase se encuentra el problema a resolver; además se realiza un estudio de proyectos similares al que se pretende desarrollar, seguido de ideas planteadas a la solución del problema.

### **4.5.1 Definición del problema**

El problema principal de la temática se identifica por la característica del Ecuador como un país productor de arroz y el exceso de desperdicio que existe por parte de las piladoras, produce problemas de contaminación ambiental en el proceso del pilado del grano de arroz, como también a la economía del agricultor, en el momento de la cosecha el producto es entregado en cascarilla.

Una de las principales causas del problema es que este material dejó de tener su utilidad como lo hacía en tiempos remotos donde era utilizado como abono para los cultivos o como alimento para animales, lo convierte en un factor de alto riesgo ambiental debido a que hoy es desechado como basura o empleado como relleno sanitario.

La elaboración del presente proyecto se justifica desde el punto de vista de la reutilización de la cascarilla de arroz, para la generación de una nueva materia prima en el desarrollo de nuevos productos de diseño con características comerciales y técnicas, ajustados a normativas ambientales.

**Ilustración 4. 38: Problemas**

Elaborado por: Salinas, D., 2017

#### 4.5.2 Programación

El presente trabajo tiene por objetivo realizar productos de diseño con la utilización de la cascarilla de arroz y el aprovechamiento de las características que el material ofrece. El pilado del grano de arroz requiere un proceso, este luego de ser secado, separado de piedras e impurezas a través de la tolva es tamizado, molido, y finalmente se obtiene la separación del grano y su envoltente que es la cascarilla de arroz. Es considerado un subproducto el cual posee características físicas, químicas y térmicas comprobadas; de entre las propiedades se menciona que es un buen aislante térmico y acústico, así como la de retención y absorción de la humedad, lo cual ha sido comprobado mediante análisis de laboratorio. El Ecuador es un país de gran producción de esta gramínea, encontrándose la materia a disposición, sin haber sido explotada de forma adecuada, por lo que esta investigación se centra en el análisis de la resistencia del material para múltiples aplicaciones en el diseño industrial. El desarrollo de esta investigación ha sido realizado mediante la aplicación de la metodología proyectual de Archer (1986), a través de las diferentes etapas, mismas que permiten de forma organizada generar un

proceso de prueba y aplicación. La parte inicial es la fabricación de probetas, usa diferentes aglutinantes, en cuanto a cantidad y calidad de dureza; cada ensayo ha sido comprobado en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua ubicado en la ciudad de Ambato, con maquinaria de prueba de materiales en cuanto a factores mecánicos, como es la flexión y tracción basado en estándares de calidad ASTM, lo que permite determinar la composición de mejores características para la construcción de productos. La finalidad de este proyecto se centra en la transformación de una materia prima común para su aplicación en objetos de diseño con alto nivel de innovación.

#### **4.5.3 Obtener Información**

Actualmente la cascarilla de arroz es utilizada en procesos productivos del pilado de grano de arroz; sin embargo, parte de un proceso investigativo esto es reestructurado para otros usos en el campo del diseño, colabora con el incremento en el ingreso económico de los productores de arroz, disminuyen el residuo de este material, controla el impacto ambiental y amplía el mercado competitivo en el diseño industrial.

Teóricamente se considera que la aplicación de las características térmicas como acústicas del material son factibles para el desarrollo de múltiples objetos de diseño industrial como por ejemplo ladrillos, paneles y tableros que son elaborados para el área de la construcción. Bajo esta perspectiva el aprovechamiento de la cascarilla de arroz mediante diferentes procesos, genera un gran impacto en nuevas oportunidades para la aplicación en ámbito del diseño industrial mediante la innovación de productos, materiales, complementos, accesorios; todo esto destinado a la industria, comercio u hogar. El análisis será la principal característica para el desarrollo de este proyecto como punto de partida el medio ambiente y las características físicas como estéticas del material.

Este proyecto se centrará en el aprovechamiento de la cascarilla de arroz mediante procesos investigativos y constructivos de la transformación de la materia prima a un material desarrollado para la implementación de varios ámbitos del diseño industrial.

Bajo este panorama, se hace referencia al proyecto desarrollado por Serrano, referente al desarrollo de morteros aligerados con cascarilla de arroz: diseño de mezclas y evaluación de propiedades, el cual plantea la posibilidad de utilizar la cascarilla de arroz con y sin procesamiento, como una adición en la fabricación de morteros ligeros. Se estudiaron diversos procesamientos de la cascarilla, tales como el lavado con agua destilada, baño en disolución ácida durante 24 horas, baño en disolución básica durante 24 horas, así como combinaciones y variaciones de los anteriores pretratamientos. Finalmente los resultados mostraron que se obtuvieron morteros de muy baja densidad y elevada porosidad que los convierten en candidatos para elaborar materiales de construcción para aislamiento térmico y acústico, pero no para fabricar elementos portantes debido a su baja resistencia mecánica. Se concluye que el tratamiento químico de la cascarilla con reactivos alcalinos y la adición de cloruro cálcico como acelerante del fraguado, son dos propuestas efectivas para la reutilización de estos residuos en morteros aligerados. De este análisis se establece que los diferentes procesamientos de la cascarilla de arroz a través de reactivos alcalinos permite convertir estos residuos en material de baja densidad apto para la construcción de objetos con un aislamiento térmico y acústico.

Portilla (2014), plantea en el proyecto denominado “Propuesta de diseño y desarrollo preliminares de un prototipo de baldosa para piso a partir del PET reciclado y la cascarilla de arroz para una vivienda de interés social”, representado por la Revista Científica Yachana, un análisis de la importancia, factibilidad y efectos de la reutilización de materia orgánica e inorgánica, considerada de desecho, para la

elaboración de baldosas. A partir de ese estudio investigativo, se propone la elaboración del producto en cuestión, como alternativa sustentable y económica al sector de la construcción para la creación de viviendas populares. La elaboración de materiales de construcción a partir de materiales orgánicos e inorgánicos reciclados, se presenta como una oportunidad viable para enfrentar problemáticas de índole social y ambiental. Como se menciona previamente, la realidad nacional presenta escenarios factibles para emprendimientos que involucren la obtención de materias primas para sectores productivos. Para empezar, está el impacto creciente de la generación de residuos derivados de la utilización del plástico PET destinado a los envases de bebidas. De este hecho surge la oportunidad de aprovechar productos vegetales que permitan innovar en el área de los materiales de ingeniería, campo en él un aislante térmico de alta efectividad, además de tener propiedades abrasivas, de gran resistencia a la degradación, y características de material puzolánico entre otros, que permiten su consideración como materia prima potencial en la obtención de nuevas mezclas de hormigón. De este artículo se establece un papel importante para el desarrollo de productos industriales, debido que la obtención de materia prima derivados de la cascarilla de arroz ayudara a la elaboración de objetos o productos para la construcción de viviendas con un diseño interior creativo e innovador con gran resistencia a la degradación, proporciona viabilidad en el uso de material orgánico y reduce así la utilización de varios materiales que generan un gran impacto ambiental.

Según el autor Molina (2010), en el proyecto titulado “Evaluación del uso de la Cascarilla de Arroz en la Fabricación de Bloques de Concreto”, hace referencia al intento de mejoramiento de los sistemas constructivos empleados para los proyectos de vivienda, desarrollados por parte de instituciones del Estado, como el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU), con el objetivo de crear un sistema de bloques en

concreto ligero, los cuales tuvieran una menor densidad que el sistema de bloques convencional. Este estudio retoma la iniciativa, desarrolla un análisis de la utilización de cascarilla de arroz en la fabricación de bloques de concreto para mampostería, y cuenta con la disponibilidad que tendría la industria arrocera de suministrar materia prima y desarrollo de un diseño de mezcla para la fabricación de los bloques. De este análisis se establece a desarrollar la utilización de material orgánico para nuevos sistemas de construcción con bloques de concreto ligero, con una menor densidad, y aun bajo costo se desarrolla un diseño convencional, adaptado a la economía actual, mejora la calidad de vivienda así también como la reducción de costos.

Se determina que la base de este proyecto investigativo está dirigido a proponer un material a base de la cascarilla de arroz en el desarrollo de productos de diseño industrial, parte de una experimentación de los diferentes procesos de tratamiento para el uso de la materia prima, para luego proceder a la determinación de los elementos técnico-constructivos, con la finalidad de que el nuevo material sea empleado en la construcción de nuevos elementos.

## **4.6 Fase creativa**

### **4.6.1 Análisis**

La cascarilla de arroz es procesada para cambiar su estructura física y ser un componente para procesos constructivos como parte del hormigón aporta características térmicas y acústicas.

Es empleada para la construcción de tejas, bloques y utensilios de hogar, sin embargo parte de un proceso investigativo es reestructurado para otros usos en el campo del diseño industrial, permite utilizar de una mejor manera el residuo del material para controlar el impacto ambiental.

Bajo esta perspectiva el aprovechamiento de la cascarilla de arroz mediante diferentes procesos, genera un gran impacto y nuevas oportunidades para el diseño industrial mediante la innovación de productos, materiales, complementos destinados a la industria, comercio y hogar.

**Ilustración 4. 39: Procesos constructivos bloque y teja.**



**Elaborado por: Salinas, D., 2017**

**Tabla 4. 17: Tipos y usos de las propiedades de la cascarilla**

| CARACTERÍSTICAS DE LA CASCARILLA                                     | PRODUCTOS DE APLICACIÓN   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>TÉRMICA</b></li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paneles decorativos</li> <li>• Agarraderas de ollas</li> <li>• Lámparas</li> <li>• Loncheras</li> <li>• Sleeping</li> </ul>                    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ACÚSTICA</b></li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paneles para micrófonos</li> <li>• Paneles de estudio de grabación</li> <li>• Paneles para teatros</li> </ul>                                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ABSORCIÓN</b></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maseteros</li> <li>• Alfombras de baño</li> <li>• Piso para piscinas</li> <li>• Paneles para turcos</li> <li>• Jardineras colgantes</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>IGNÍFUGO</b></li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Porta velas</li> <li>• Porta ollas</li> <li>• Mobiliario</li> </ul>  |

Elaborado por: Salinas, D., 2017

#### 4.6.2 Desarrollo

##### Moodboard

Se ha elaborado una lluvia de ideas mediante gráficos, las cuales emiten el mensaje para la solución del problema a resolver. Las imágenes están orientadas a características lineales como el diseño, material y funcionalidad.

**Ilustración 4. 40: Moodbard Estilo Zen**

Elaborado por: Salinas, D., 2017

### 4.6.3 Briefing

Se obtiene la información más relevante y necesaria para la ejecución del proyecto, se elabora un briefing con los procesos a seguir para la correcta elaboración de productos, materiales y accesorios para la industria, comercio y el hogar.

**Ilustración 4. 41: Mapa briefing**

Elaborado por: Salinas, D., 2017

Tabla 4. 18: Productos a desarrollarse

| Características de la cascarilla                                     | Productos de aplicación   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>TÉRMICA</b></li> </ul>   | <p>Modulares, paneles adaptables al espacio, que considera la regulación térmica del material.</p>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ACÚSTICA</b></li> </ul>  | <p>Parlante: objeto desarrollado para reemplazar la energía eléctrica, mediante los beneficios de las características acústicas del material.</p>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ABSORCIÓN</b></li> </ul> | <p>Maseteros: por las características del material ayuda a mantener el porcentaje de humedad para la conservación de las plantas.</p>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>IGNÍFUGO</b></li> </ul>  | <p>Porta velas: se utilizó este soporte para brindar un uso adecuado en la manipulación de la vela que evita accidentes que podría causar la caída de cera caliente.</p> <p>Lámpara: debido a las características del material colabora en el factor de mantenimiento del producto.</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ESTÉTICA</b></li> </ul>  | <p>Mediante la estética del material nos permite darle un acabado natural muy similar a la madera lo cual se aplica diferentes tipos de tintes de color.</p>  |

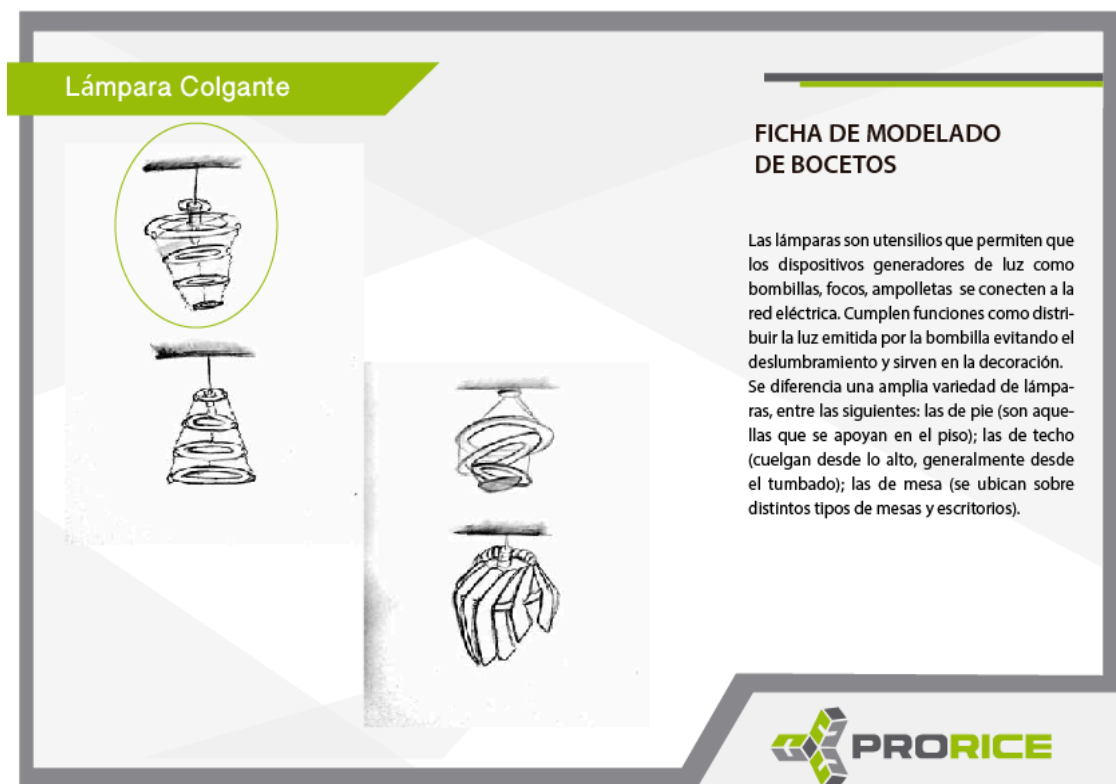
Elaborado por: Salinas, D., 2017

Ilustración 4. 42 Síntesis gráfica lámpara colgante



Elaborado por: Salinas, D., 2017

Ilustración 4. 43 Ficha lámpara colgante




Elaborado por: Salinas, D., 2017

Ilustración 4. 44 Prototipo y funcionalidad lámpara

**Lámpara**

Cadenas o cable metálico para poder sostener la secuencia de seriaciones según el diseño.



Seriaciones semiesferas de distintos tamaños hecho de material a base de cascarilla de espesor de 1,5.


Concentración de calor por el material que ya que es un aislante térmico que genera y expande el calor.

**ILUSTRACIÓN DIGITAL**

Esta lámpara presenta una forma cilíndrica debido a la estructura metálica la cual está sujeta, realizado mediante segmentos y variaciones repetitivas de formas ovaladas abstraídas de las piedras del estilo zen. La característica principal de esta lámpara es la combinación del material y su textura de origen natural, mediante el acondicionamiento térmico permite que el calor genere calidez en el ambiente.

**FUNCIONES PRINCIPALES:**

- ☒ Iluminar
- ☒ Generar calor
- ☒ Complementar el hogar
- ☒ Fuente de Luz para realizar actividades



Elaborado por: Salinas, D., 2017

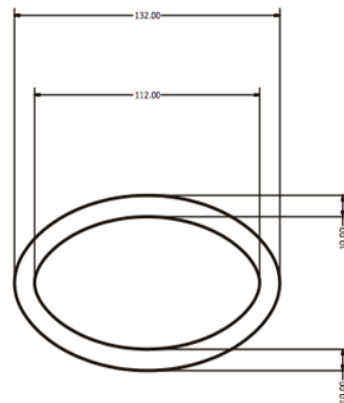
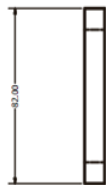
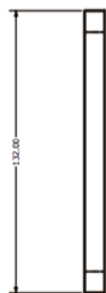
Ilustración 4. 45 Render lámpara



**Lámpara**

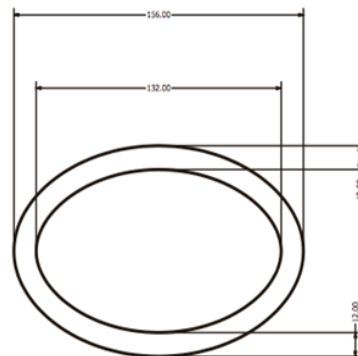
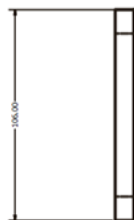
**ILUSTRACIÓN DIGITAL**





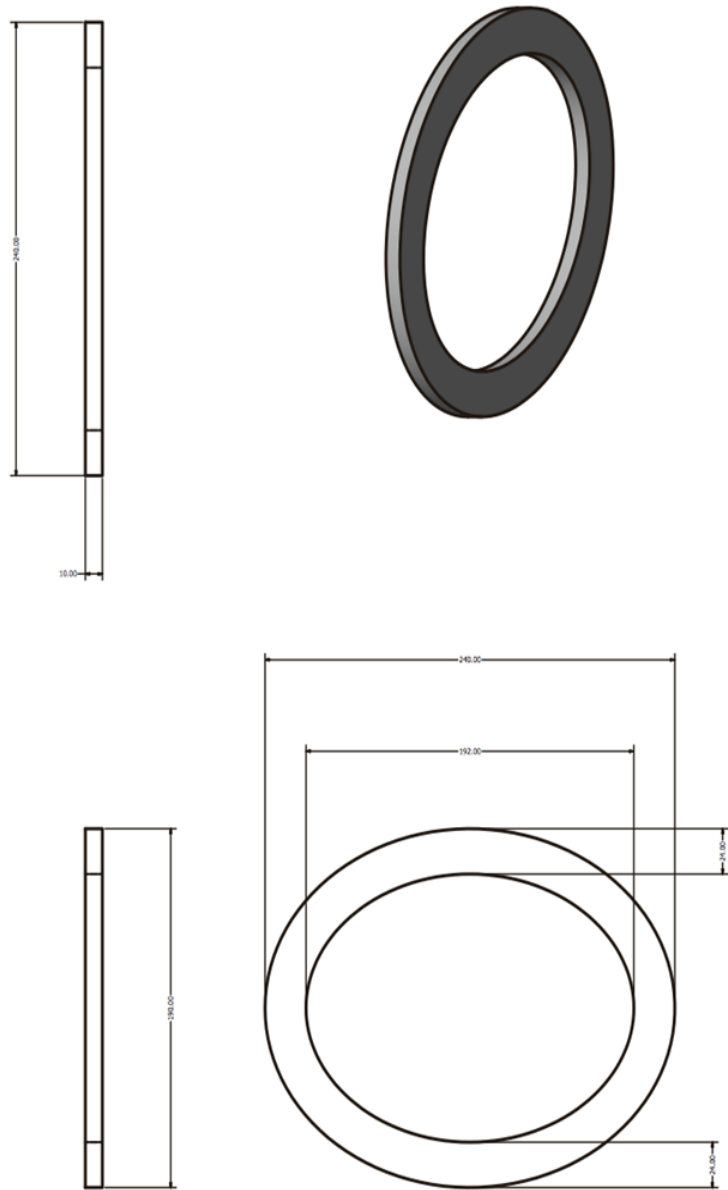

Elaborado por: Salinas, D., 2017





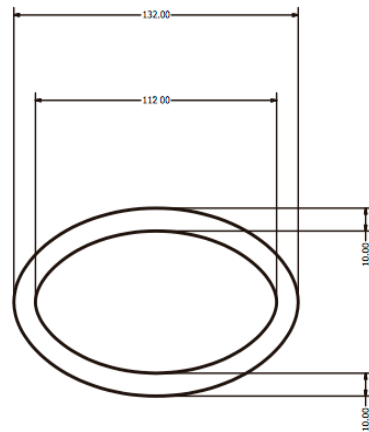
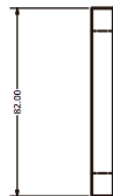
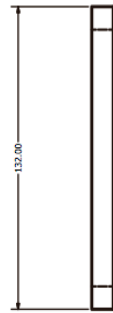
|   |                      |                 |         |   |  |
|---|----------------------|-----------------|---------|---|--|
|  Pontificia Universidad Católica del Ecuador |                      |                 |         | Autor: Salinas Velez<br>Giovanni David  |  |
| Tema: Cascarilla de arroz aplicada en el desarrollo de productos de Diseño Industrial   |                      |                 |         | Aprobado por:   |  |
| Contenido: Pieza#1<br>Lámpara   | Fecha:<br>Enero 2018 | Lámina - Página | Escala: |  |  |





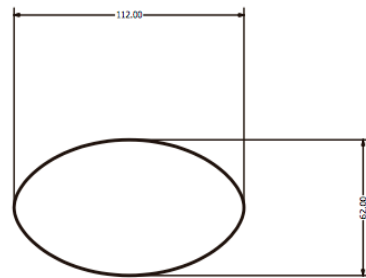
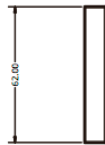
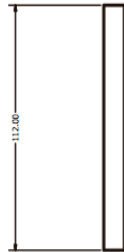
|   |                      |                 |  |   |  |
|---|----------------------|-----------------|--|---|--|
|  Pontificia Universidad Católica del Ecuador |                      |                 | Autor: Salinas Velez<br>Giovanni David |   |  |
| Tema: Cascarilla de arroz aplicada en el desarrollo de productos de Diseño Industrial   |                      |                 | Aprobado por:                          |   |  |
| Contenido: Pieza#2<br>Lámpara   | Fecha:<br>Enero 2018 | Lámina - Página | Escala:                                |  |  |





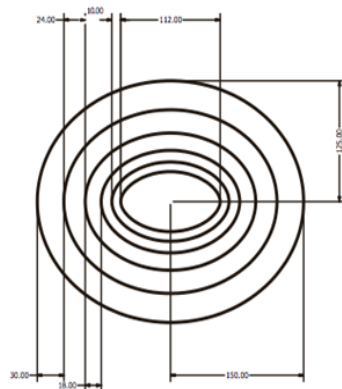
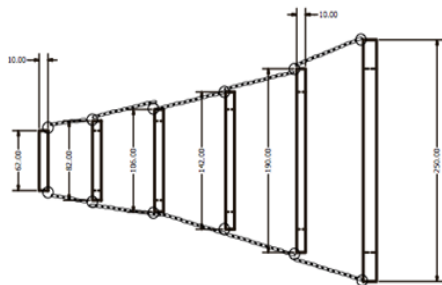
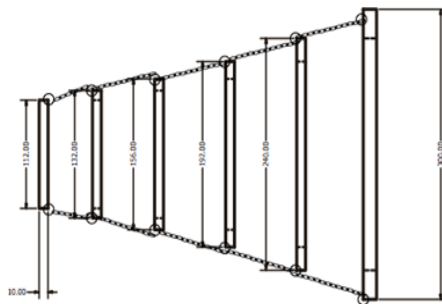
|   |  |                      |                 |  |   |
|---|--|----------------------|-----------------|--|---|
|  Pontificia Universidad Católica del Ecuador |  |                      |                 | Autor: Salinas Velez<br>Giovanni David |   |
| Tema: Cascarilla de arroz aplicada en el desarrollo de productos de Diseño Industrial   |  |                      |                 | Aprobado por:                          |   |
| Contenido: Pieza#3<br>Lámpara   |  | Fecha:<br>Enero 2018 | Lámina - Página | Escala:                                |  |





|   |  |                      |                 |  |   |
|---|--|----------------------|-----------------|--|---|
|  Pontificia Universidad Católica del Ecuador |  |                      |                 | Autor: Salinas Velez<br>Giovanni David |   |
| Tema: Cascarilla de arroz aplicada en el desarrollo de productos de Diseño Industrial   |  |                      |                 | Aprobado por:                          |   |
| Contenido: Pieza#4<br>Lámpara   |  | Fecha:<br>Enero 2018 | Lámina - Página | Escala:                                |  |



|   |  |                   |                 |                                     |   |
|---|--|-------------------|-----------------|-------------------------------------|---|
|  Pontificia Universidad Católica del Ecuador |  |                   |                 | Autor: Salinas Velez Giovanni David |   |
| Tema: Cascarilla de arroz aplicada en el desarrollo de productos de Diseño Industrial   |  |                   |                 | Aprobado por:                       |   |
| Contenido: Pieza#5 Lámpara  |  | Fecha: Enero 2018 | Lámina - Página | Escala:                             |  |



|   |                      |  |   |
|---|----------------------|--|---|
|  Pontificia Universidad Católica del Ecuador |                      | Autor: Salinas Velez<br>Giovanni David |   |
| Tema: Cascarilla de arroz aplicada en el desarrollo de productos de Diseño Industrial   |                      | Aprobado por:                          |   |
| Contenido: Plano General<br>Lámpara   | Fecha:<br>Enero 2018 | Lámina - Página                        | Escala:   |
|   |                      |  |  |

#### 4.4.6 Costo de lámpara

Para la elaboración del objeto se necesitó diferentes tipos de materiales y herramientas con los mismos que tienen un costo adicional, que consiste un porcentaje del precio del producto, otra parte influye en la mano de obra que permite que el producto sea fabricado y el diseño aplicado, a continuación se detalla los rubros que intervienen en los costos del objeto propuesto en dicha investigación.



**Tabla 4. 19: Costo de lámpara**

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| <b>Corte laser</b>         | 20,00 |
| <b>Molde</b>               | 10,00 |
| <b>Cascarilla de arroz</b> | 0,00  |
| <b>Resina poliéster</b>    | 12,00 |
| <b>Metil</b>               | 4,00  |
| <b>Estireno</b>            | 4,00  |
| <b>Cobalto</b>             | 3,60  |
| <b>Mano de obra</b>        | 3,5   |
| <b>Diseño</b>              | 30,00 |
| <b>Boquilla</b>            | 0,50  |
| <b>Cadena</b>              | 0,60  |
| <b>Argollas</b>            | 0,30  |
| <b>1m de cable de luz</b>  | 1,5   |
| <b>SUB TOTAL</b>           | 90    |
| <b>Indirectos (10%)</b>    | 9     |
| <b>Imprevistos (10%)</b>   | 6,00  |
| <b>Costos</b>              | 105   |
| <b>Utilidad (15%)</b>      | 15,75 |
| <b>Precio sin IVA</b>      | 92,40 |
| <b>IVA (12%)</b>           | 13,65 |
| <b>PVP</b>                 | 105   |

Elaborado por: Salinas, D., 2017


Ilustración 4. 46 Síntesis grafica parlante acústico

**Jardineras**

**FICHA DEL OBJETO GESTOR**

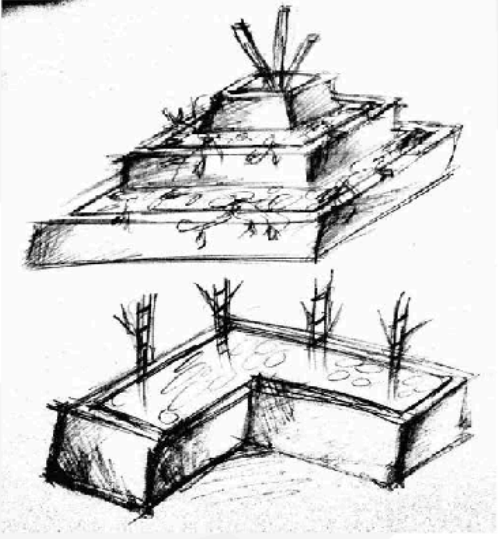
El objeto gestor aplicado está inspirado en las jardineras del estilo zen lo cual hacen que sean minimalistas, abstrayendo una forma de L con mayor adaptación ya que forma parte del juego decorativo junto al parlante acústico, permitiendo formar un ambiente de armonía, paz y relajación mental ya que el estilo zen se caracteriza por dichas razones. El color que se va aplicar es natural con textura gruesa lo cual permite que tenga una mayor atracción visual, una de las características del material es que repela la humedad lo cual permite que al momento de colocar las plantas absorba el agua y se mantenga siempre húmedas.



Elaborado por: Salinas, D., 2017

Ilustración 4. 47: Jardinera ficha de modelado boceto


**Jardineras**



**FICHA DE MODELADO DE BOCETOS**

Las jardineras son útiles para mantener a nuestras plantas arregladas y cuidadas dentro de nuestro hogar. Hay varios tipos de plásticos maleables como en pvc, algunos más rígidos que otros.

El diseño a implementar en el material es en forma de L por su combinación con la jardinera lo cual nos ayuda a armar un juego de complementos decorativos, el material hecho de cascarilla permite que las jardineras se mantengan húmedas gracias a sus características naturales de absorción.



Elaborado por: Salinas, D., 2017

Ilustración 4. 48 Parlante acústico ficha modelado boceto

**Parlante Acústico**



**FICHA DE MODELADO DE BOCETOS**

La transducción sigue un doble procedimiento: eléctrico-mecánico-acústico. En la primera etapa convierte las ondas eléctricas en energía mecánica, y en la segunda convierte la energía mecánica en ondas de frecuencia acústica. El sonido sale por el exterior de la puerta desde los aparatos de amplificación, transmisión y por medios telefónicos o radioeléctricos.

El sonido se transmite mediante ondas sonoras, en este caso, a través del aire. El oído capta estas ondas y las transforma en impulsos nerviosos que llegan al cerebro y se transforman en señales que se identifican con cosas como música, sonidos y onomatopeyas. Si se dispone de una grabación de voz, de música en soporte magnético o digital, si se recibe estas señales por radio, se dispondrá a la salida del aparato de señales eléctricas que deben ser convertidas en sonidos; para ello se utiliza el altavoz.



Elaborado por: Salinas, D., 2017

**Jardineras y Parlante Acústico**

Soporte en el cual va colocado el celular para que produzca ondas sonoras de el altavoz.



Piedras y plantas artificiales para formar el conjunto de objetos decorativos.

Cortes para que se produzca el eco de las ondas sonoras.

Jardineras que nos ayudan a conservar estilo característico natural del estilo zen.

**ILUSTRACIÓN DIGITAL**

Este parlante acústico está inspirado en el minimalismo del estilo zen, ya que el material que fue desarrollado presenta características naturales acústicas, el cual forma una armonía y nos permite utilizar sin conexiones eléctricas, tan solo lo envuelve al sonido mediante una caja al vacío, replicando el sonido mediante sus paredes de cascarilla, este producto puede ser utilizado como un objeto decorativo funcional, al rededor se encuentran con dos pequeñas jardineras formando una composición armónica.

**FUNCIONES PRINCIPALES:**

- ☒ Parlante acústico
- ☒ Generar tranquilidad
- ☒ Mantener un equilibrio
- ☒ Decorar el ambiente

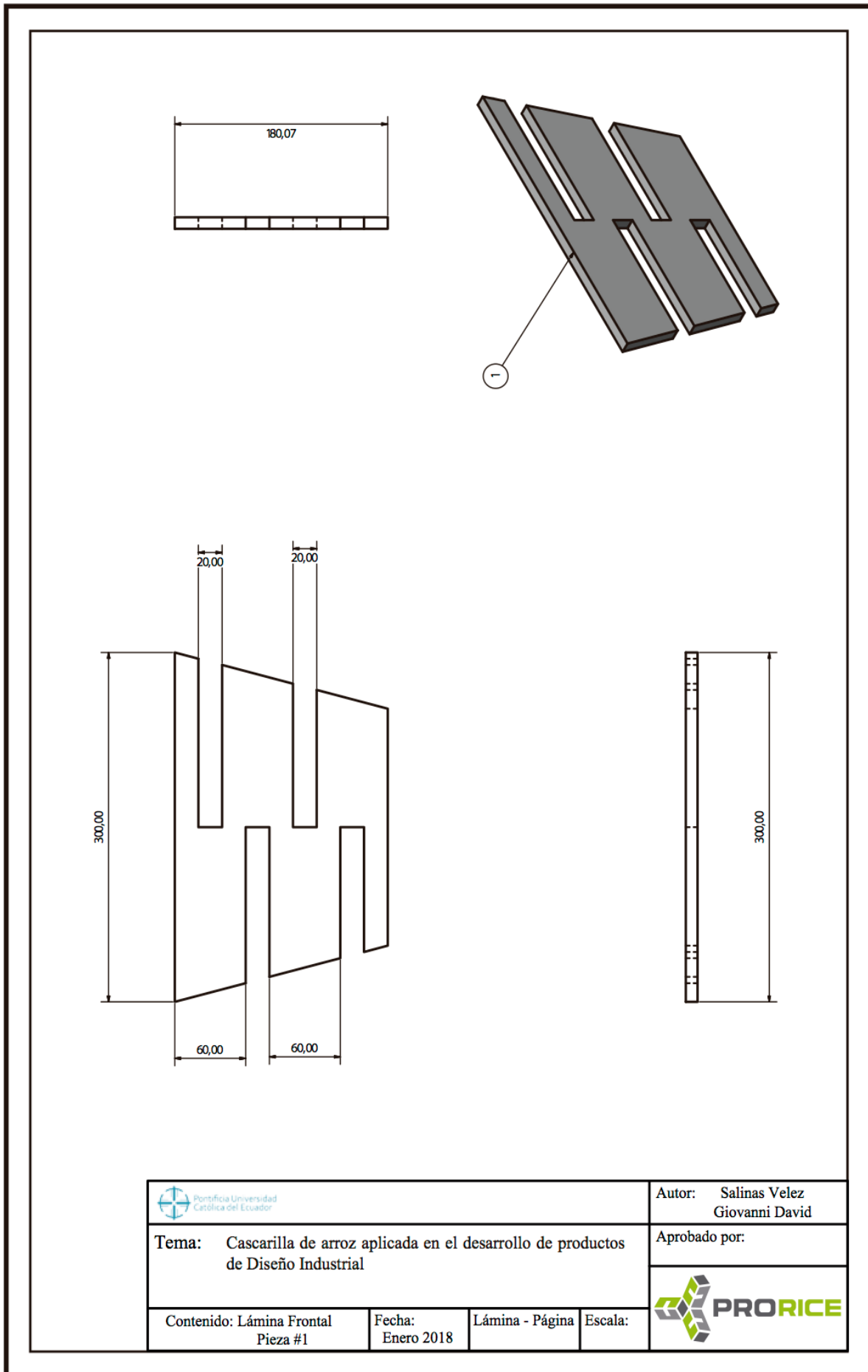




Ilustración 4. 49 Jardinera y Parlante acústico

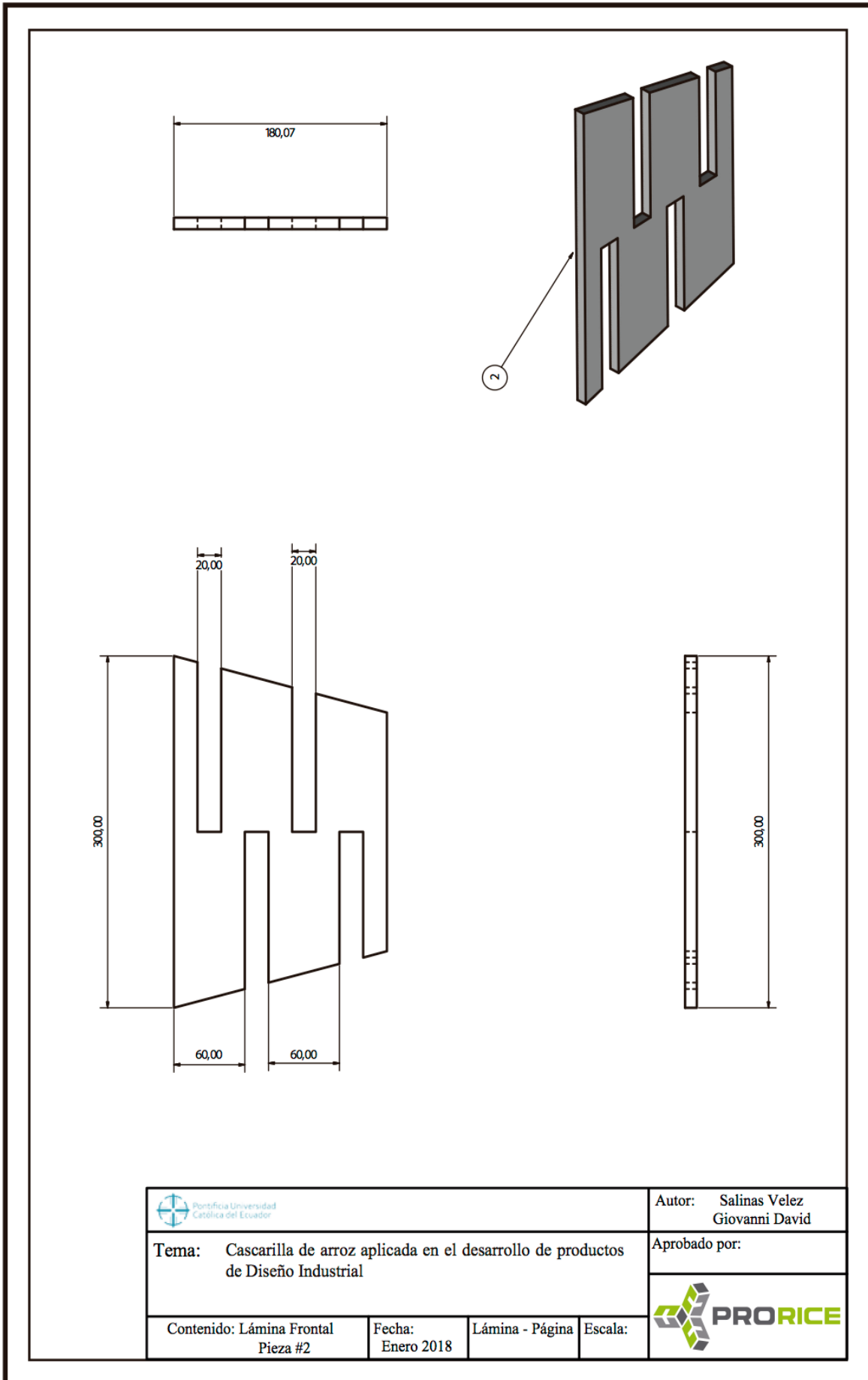
Elaborado por: Salinas, D., 2017



Ilustración 4. 50 Render Jardinera

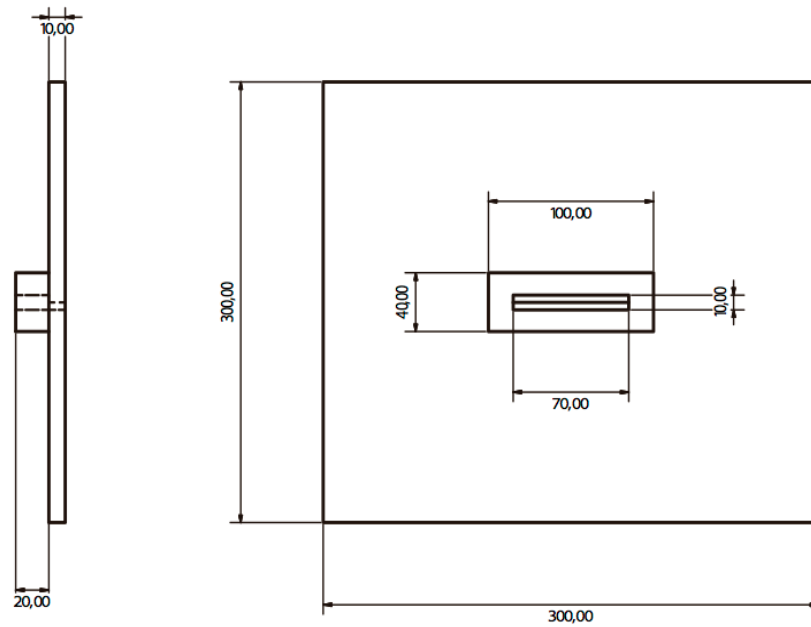
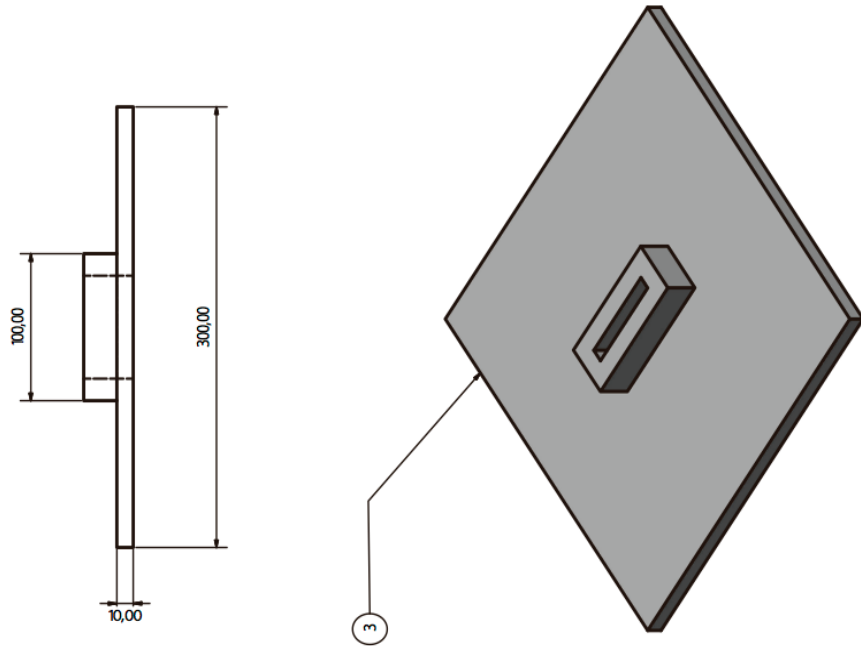






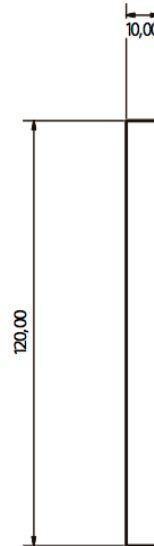
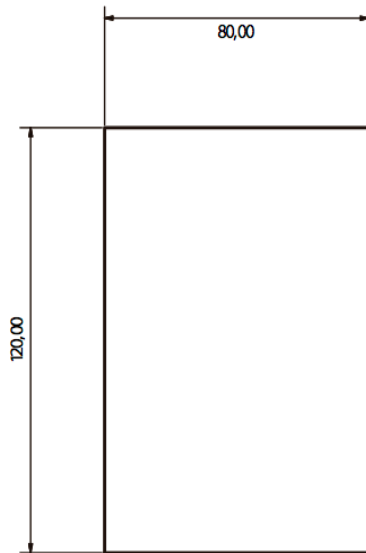
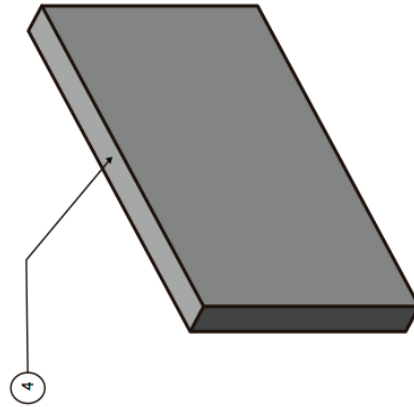
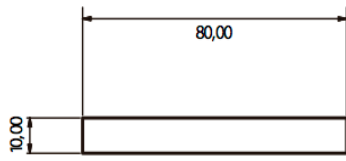
|   |  |                   |                 |                                     |   |
|---|--|-------------------|-----------------|-------------------------------------|---|
|  Pontificia Universidad Católica del Ecuador |  |                   |                 | Autor: Salinas Velez Giovanni David |   |
| Tema: Cascarilla de arroz aplicada en el desarrollo de productos de Diseño Industrial   |  |                   |                 | Aprobado por:                       |   |
| Contenido: Lámina Frontal Pieza #1  |  | Fecha: Enero 2018 | Lámina - Página | Escala:                             |  |





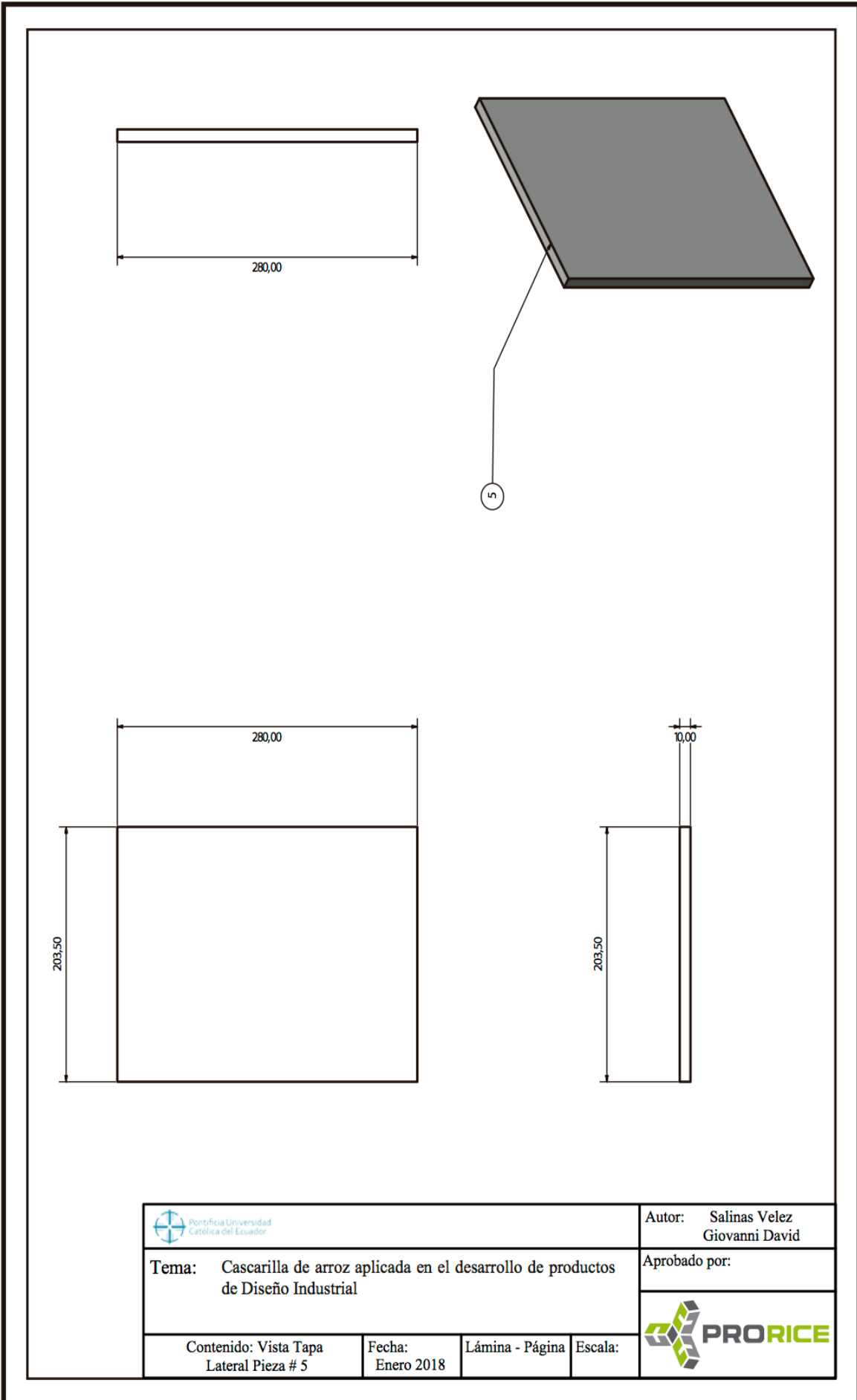
|   |                      |   |         |
|---|----------------------|---|---------|
|  Pontificia Universidad Católica del Ecuador |                      | Autor: Salinas Velez<br>Giovanni David  |         |
| Tema: Cascarilla de arroz aplicada en el desarrollo de productos de Diseño Industrial   |                      | Aprobado por:   |         |
| Contenido: Lámina Frontal<br>Pieza #2   | Fecha:<br>Enero 2018 | Lámina - Página   | Escala: |
|   |                      |  |         |





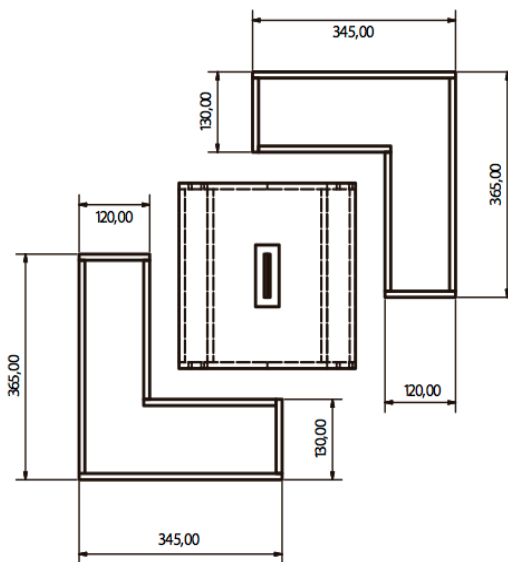
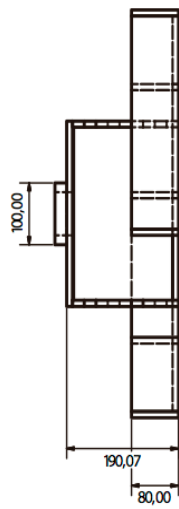
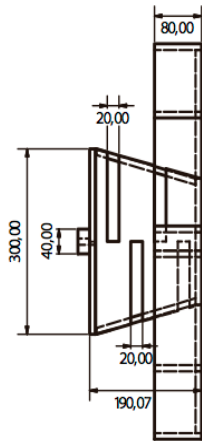
|   |                      |  |   |
|---|----------------------|--|---|
|    |                      | Autor: Salinas Velez<br>Giovanni David |   |
| Tema: Cascarilla de arroz aplicada en el desarrollo de productos de Diseño Industrial |                      | Aprobado por:                          |   |
| Contenido: Vista Tapa<br>Superior Pieza # 3   | Fecha:<br>Enero 2018 | Lámina - Página                        | Escala:   |
|   |                      |  |  |





|   |                   |                 |                                     |   |  |
|---|-------------------|-----------------|-------------------------------------|---|--|
|  Pontificia Universidad Católica del Ecuador |                   |                 | Autor: Salinas Velez Giovanni David |   |  |
| Tema: Cascarilla de arroz aplicada en el desarrollo de productos de Diseño Industrial   |                   |                 | Aprobado por:                       |   |  |
| Contenido: Vista Tapa Lateral Pieza # 4   | Fecha: Enero 2018 | Lámina - Página | Escala:                             |  |  |



|   |  |                   |                 |                                     |   |
|---|--|-------------------|-----------------|-------------------------------------|---|
|  Pontificia Universidad Católica del Ecuador |  |                   |                 | Autor: Salinas Velez Giovanni David |   |
| Tema: Cascarilla de arroz aplicada en el desarrollo de productos de Diseño Industrial   |  |                   |                 | Aprobado por:                       |   |
| Contenido: Vista Tapa Lateral Pieza # 5   |  | Fecha: Enero 2018 | Lámina - Página | Escala:                             |  |



|   |  |                      |                 |  |   |
|---|--|----------------------|-----------------|--|---|
|    |  |                      |                 | Autor: Salinas Velez<br>Giovanni David |   |
| Tema: Cascarilla de arroz aplicada en el desarrollo de productos de Diseño Industrial |  |                      |                 | Aprobado por:                          |   |
| Contenido: Plano General<br>Parlante Acústico   |  | Fecha:<br>Enero 2018 | Lámina - Página | Escala:                                |  |

#### 4.5 Costo parlante acústico y jardineras

Todo producto tiene una fase de procesos donde se necesita diferentes tipos de materiales, los cuales tienen un costo, lo que consiste un porcentaje del precio del producto, otra parte influye en la mano de obra que permite que el producto sea fabricado y el diseño aplicado por lo cual a continuación se detalla los rubros que intervienen en los costos del objeto propuesto en dicha investigación.

**Tabla 4. 20: Costo parlante acústico y jardineras**

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| Corte laser         | <b>16,00</b>  |
| Molde               | 10,00         |
| Cascarilla de arroz | 0,00          |
| Resina poliéster    | 12,00         |
| Metil               | 4,00          |
| Estireno            | 4,00          |
| Cobalto             | 5,00          |
| Mano de obra        | 10,00         |
| Diseño              | 60,00         |
| Bambú o Plantas     | 6,00          |
| Piedras             | 4,00          |
| <b>SUB TOTAL</b>    | <b>131</b>    |
| Indirectos (10%)    | 13,10         |
| Imprevistos (10%)   | 10,00         |
| Costos              | 154,10        |
| Utilidad (15%)      | 23,11         |
| Precio sin IVA      | 154,10        |
| IVA (12%)           | 18,49         |
| <b>PVP</b>          | <b>135,61</b> |

**Elaborado por: Salinas, D., 2017**

Ilustración 4. 51 Síntesis gráfica porta velas



Elaborado por: Salinas, D., 2017

Ilustración 4. 52 Ficha parlante acústico



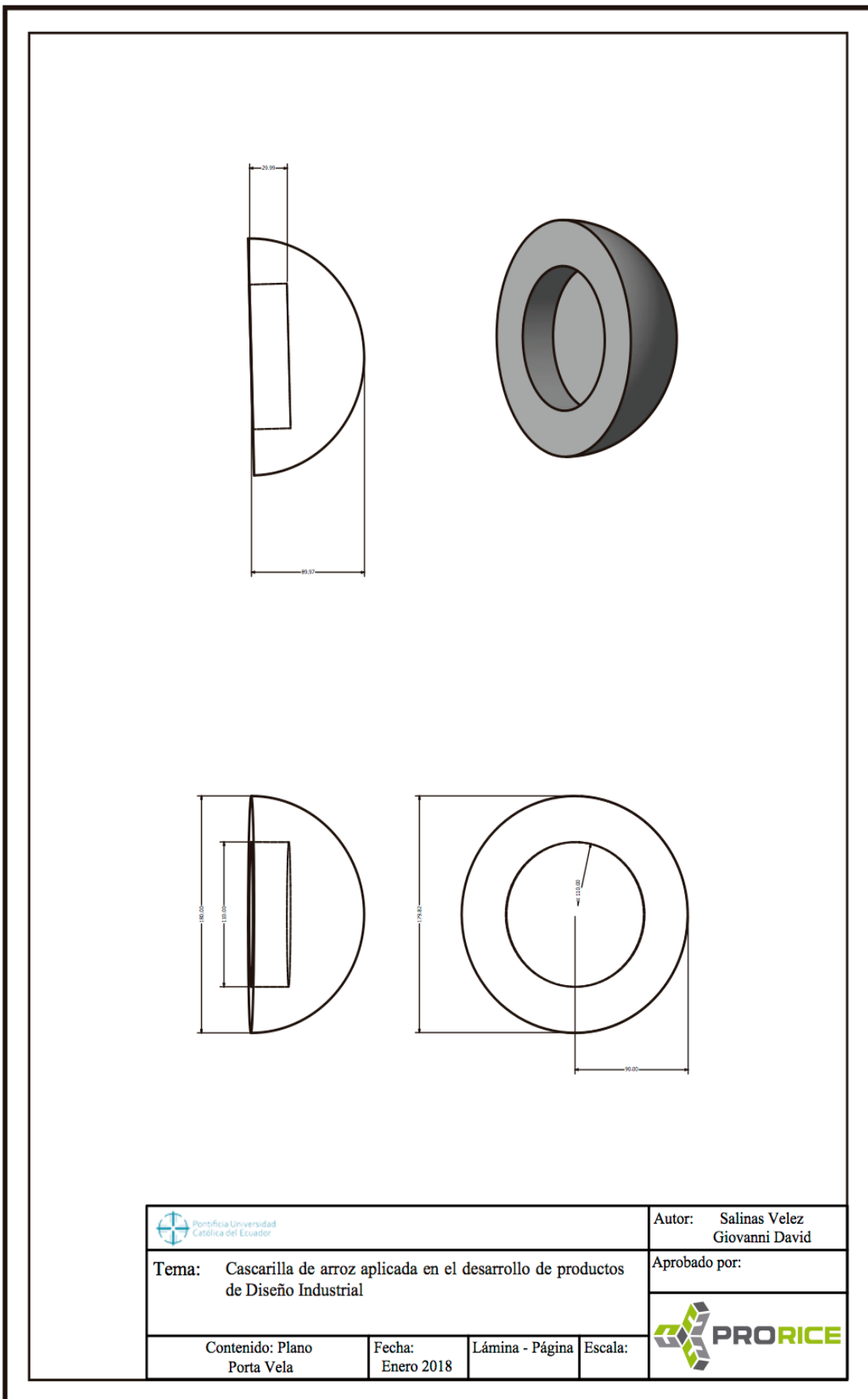
Elaborado por: Salinas, D., 2017





**Ilustración 4. 53 Ficha porta velas**

**Elaborado por: Salinas, D., 2017**





|  |                      |   |         |
|--|----------------------|---|---------|
|  Pontificia Universidad<br>Católica del Ecuador |                      | Autor: Salinas Velez<br>Giovanni David  |         |
| Tema: Cascarilla de arroz aplicada en el desarrollo de productos<br>de Diseño Industrial   |                      | Aprobado por:   |         |
| Contenido: Plano<br>Porta Vela   | Fecha:<br>Enero 2018 | Lámina - Página   | Escala: |
|  |                      |  |         |

En la elaboración del proceso de porta velas se necesitó diferentes tipos de materiales que determinan los costos, lo que consiste un porcentaje del precio del producto, y la mano de obra que permite que el producto sea fabricado en conjunto al diseño aplicado, a continuación se detalla los rubros que intervienen en los costos del objeto propuesto en dicha investigación.

**Tabla 4. 21: Costo porta velas**

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| <b>Molde</b>               | 0,00  |
| <b>Cascarilla de arroz</b> | 0,00  |
| <b>Resina poliéster</b>    | 12,00 |
| <b>Metil</b>               | 4,00  |
| <b>Estireno</b>            | 4,00  |
| <b>Cobalto</b>             | 5,00  |
| <b>Mano de obra</b>        | 10,00 |
| <b>Diseño</b>              | 20,00 |
| <b>SUB TOTAL</b>           | 55    |
| <b>Indirectos (10%)</b>    | 5,50  |
| <b>Imprevistos (10%)</b>   | 6,00  |
| <b>Costos</b>              | 66,5  |
| <b>Utilidad (15%)</b>      | 9,97  |
| <b>Precio sin IVA</b>      | 66,50 |
| <b>IVA (12%)</b>           | 7,98  |
| <b>PVP</b>                 | 74,48 |

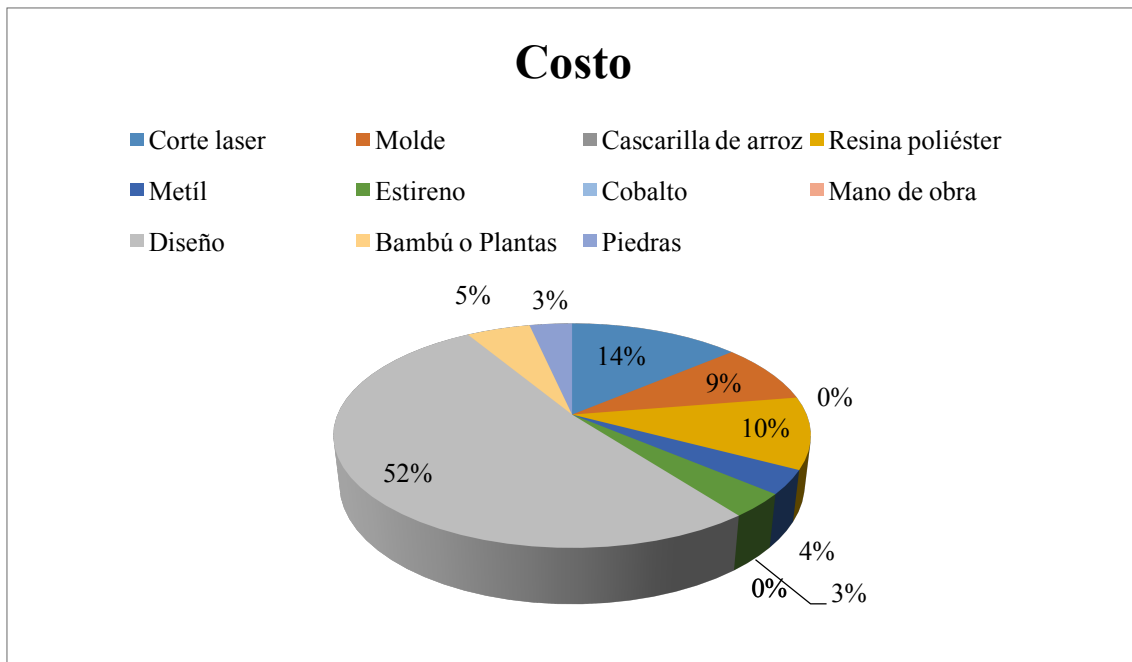
Elaborado por: Salinas, D., 2017

Tabla 4. 22: Costo Materiales

|                            |       |       |
|----------------------------|-------|-------|
| <b>Corte laser</b>         | 16,00 | 12,21 |
| <b>Molde</b>               | 10,00 | 7,63  |
| <b>Cascarilla de arroz</b> | 0,00  | 0     |
| <b>Resina poliéster</b>    | 12,00 | 9,16  |
| <b>Metil</b>               | 4,00  | 3,05  |
| <b>Estireno</b>            | 4,00  | 3,05  |
| <b>Cobalto</b>             | 5,00  | 3.82  |
| <b>Mano de obra</b>        | 10,00 | 7.63  |
| <b>Diseño</b>              | 60,00 | 45,80 |
| <b>Bambú o Plantas</b>     | 6,00  | 4,58  |
| <b>Piedras</b>             | 4,00  | 3,05  |
| <b>SUB TOTAL</b>           | 131   | 100%  |

Elaborado por: Salinas, D., 2017

Gráfico 4. 1: Costos parlante acústico y jardineras



Elaborado por: Salinas, D., 2017

## 4.6 Prototipo Físico / Virtual

Ilustración 4. 54 Lámpara



Elaborado por: Salinas, D., 2017

**Ilustración 4. 55 Porta Velas**



**Elaborado por: Salinas, D., 2017**

#### 4.7 Evaluación Preliminar

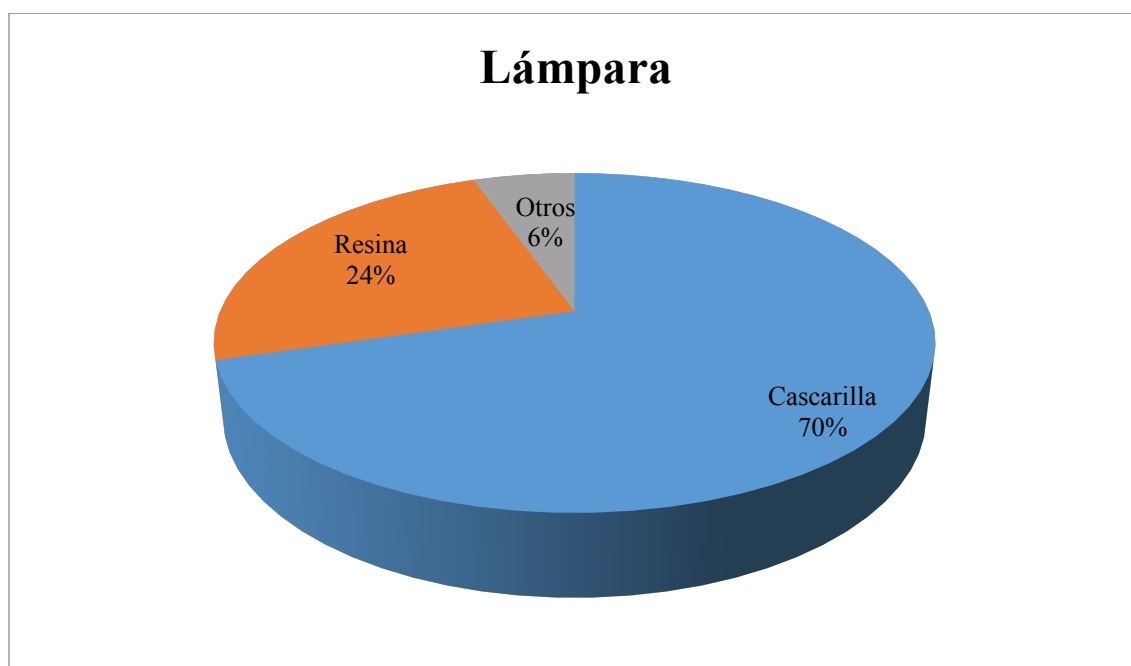
En la evaluación preliminar se especifica el aprovechamiento de la cascarilla de arroz, mediante porcentajes de esta materia prima, en cada uno de los productos a desarrollarse.

Tabla 4. 23: Evaluación preliminar

| PRODUCTOS         |            |        |        |
|-------------------|------------|--------|--------|
|                   | Cascarilla | Resina | Otros  |
| Lámpara           | 70,45%     | 24,10% | 5,45%  |
| Porta velas       | 80,26%     | 2,30%  | 17,44% |
| Parlante acústico | 68,35%     | 25,22% | 6,43%  |
| Jardinera         | 68,35%     | 25,22% | 6,43%  |

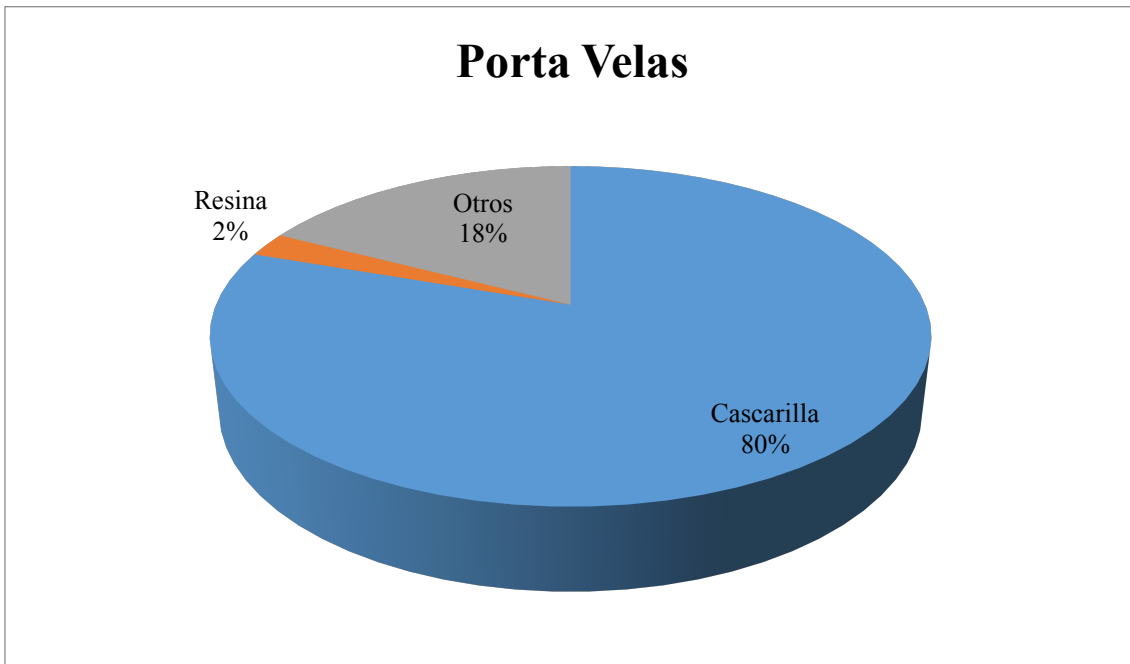
Elaborado por: Salinas, D., 2017

Gráfico 4. 2: Lámpara



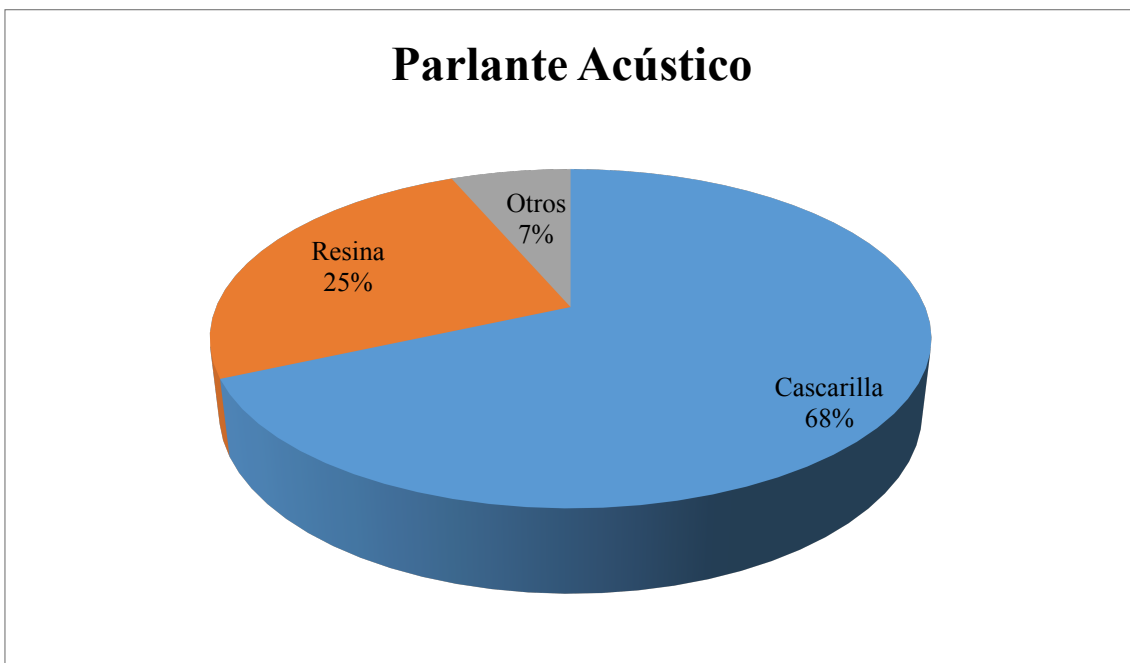
Elaborado por: Salinas, D., 2017

Gráfico 4. 3: Porta Velas



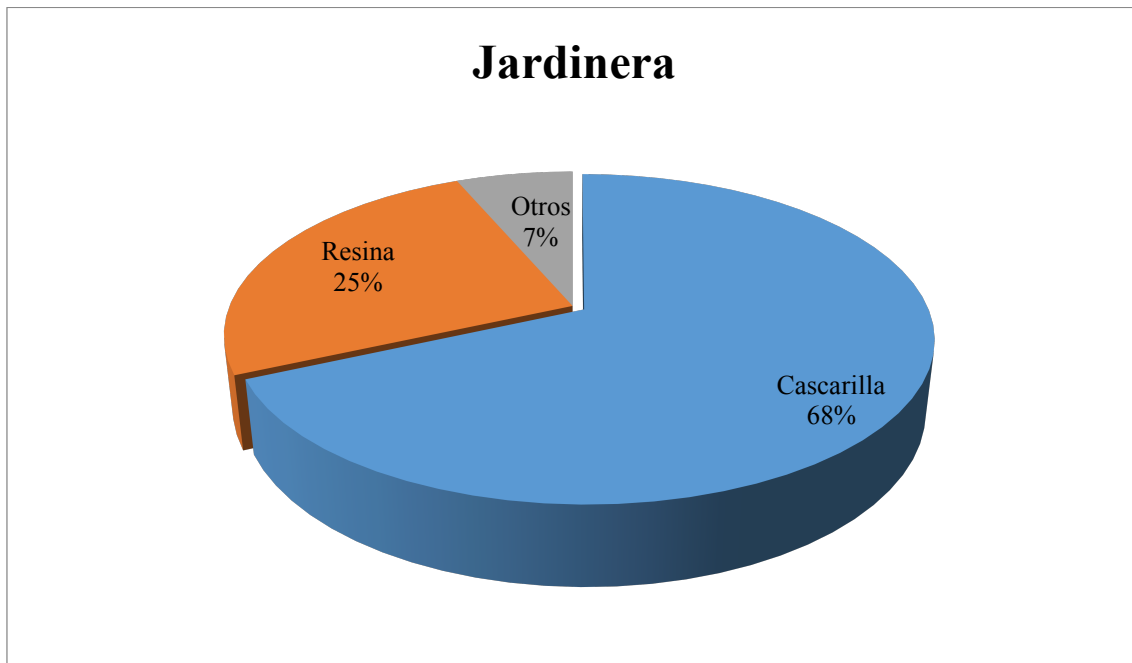
Elaborado por: Salinas, D., 2017

Gráfico 4. 4: Parlante acústico



Elaborado por: Salinas, D., 2017

Gráfico 4. 5: Jardinera



**Elaborado por: Salinas, D., 2017**

De estos porcentajes, se concluye que el producto con mayor cantidad natural de cascarilla es la porta velas, gran parte fue elaborado con el 80,26% de cascarilla, por lo cual este material permite la generación de productos con características industriales que no afectan al medio ambiente.

## CAPITULO V

### 5.1 Conclusiones

- Mediante la información indagada y las pruebas realizadas, se identificaron las cuatro características físicas principales de la cascarilla de arroz: térmicas, acústicas, ignífugas y de absorción, las cuales ayudaron a un mejor desarrollo sustentable del material realizado.
- Se establecieron los tipos de productos según su función y aprovechamiento de las características del material, esto permite crear objetos con características específicas según su funcionamiento.
- El desarrollo de los productos de diseño industrial se realizó mediante las características ignífugas, de un estilo minimalista arraigado a la cultura japonesa se desarrolló un porta velas que nos ayuda a evitar un incendio en caso de un accidente de la misma.
- Mediante los diferentes métodos de tratamientos implementados en la cascarilla de arroz, se determinó que es necesario el pulverizado de la misma, presenta mayor facilidad al momento de la mezcla con líquidos que forman una mayor compactación en el material.
- Dentro del tratamiento de la cascarilla de arroz para el proceso de fabricación se determinó que la resina poliéster presenta mayor cristalización del material, mientras que con la cola vinílica existe menos peso del material que aprovechan las características en la aplicación de distintas funciones, de esta manera se demuestra que la aplicación de esta materia prima es factible.

## 5.2 Recomendaciones

- Fabricar productos que aprovechen las características físicas investigadas de la cascarilla para tener un mejor funcionamiento del producto y material fortalece e incentiva al consumidor al desarrollo del diseño ecoexperimental.
- Se recomienda tener mucho cuidado con la manipulación de la resina y sus compuestos, utilizar guantes de caucho para no tener irritaciones en la piel, mascarilla para evitar dolores de cabeza por su olor y gafas para el desarrollo de las mezclas.
- Es recomendable que los moldes para almacenar la muestra sean desmontables o de plástico, con ello se agilizará el proceso de desmontaje y elaboración de productos.
- En la propuesta, identificar una necesidad para la aplicación de productos mediante diseños, colores a aplicar, es un material muy maleable a la hora de darle un acabado es necesario que lo prepare y mezcle para un mejor terminado.

## REFERENCIAS

- Agustín, G., & Bienvenido, S. (2007). *Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz*. Editorial Universidad Tecnológica de Pereira.
- Aldana, H. (2011). *Enciclopedia Agropecuaria* (2da.ed. ed.). Colombia: Editorial Terranova.
- Assureira, E. (2012). *Combustible alternativo: La cascarilla de arroz*.
- BCE, B. C. (2012). “Sector Agrícola Programa de Encuestas de Coyuntura N° 83-I-2012, mayo de 2012”. Publicaciones Económicas BCE.
- Blanco, R. (2012). *Diseño industrial Argentino*. Argentina.
- Botina, M., & Wilon, A. (2015). “Uso de la cascarilla de arroz como material alternativo en la construcción”. *Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia*(Número 6).
- Cadena, C., & Bula, A. (2015). *Estudio de la variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales*.
- Calderón, R. (2010). *Aprovechamiento energético de la cascarilla de arroz en la industria molinera y su incidencia medioambiental*. Bogotá: Universidad Nacional.
- Chur, G. (2012). “Evaluación del uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería”. *Investigación*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- CORECAF. (2009). *Guía de cultivo del arroz*. Obtenido de [http://www.corecaf.org/archivos/file31\\_Cartilla\\_Arroz.pdf](http://www.corecaf.org/archivos/file31_Cartilla_Arroz.pdf)
- CORPCOM. (2015). “*Situación Arroceras Ecuatoriana*”. Corporación de Industriales Arroceros Del Ecuador.
- CORPCOM. (2016). *Producción arroceras en el Ecuador*. Guayaquil: Cielo.
- Cortez Bedón, C. (2017). *Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias*. Obtenido de <http://www.iniap.gob.ec/web/programa-1/>

- Cuartas, V. (2016). *Diccionario Económico Financiero*. Colombia: Editorial de la Universidad de Medellín.
- Doria, M., Hormaza, A., & Suarez, D. (2011). Cascarilla de arroz: material alternativo y de bajo costo para el tratamiento de aguas contaminadas con cromo. *Revista Gestión y Ambiente*, p. 73.
- Echeverría, M. (2013). Caracterización Energética de la Cascarilla de Arroz para su Aplicación en la Generación de Energía Termoeléctrica. *Tesis*. Ecuador: EPN.
- Esmeraldas, G. (2010). Características de las variedades de arroz liberadas por INIAP. *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*, 76-79.
- FAO. (2016). *Seguimiento del mercado de arroz*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.
- FAO. (2017). Agricultura, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Seguimiento del mercado de arroz de la FAO. *Rice-Network@fao.org*.
- FAO. (Enero de 2017). *Mercado del Arroz: Proyección 2017*. Obtenido de Agricultura, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la: <https://elproductor.com/estadisticas-agropecuarias/mercado-del-arroz-proyeccion-2017/>
- García, F. (2015). “*El sector agrario del Ecuador: incertidumbres (riesgos) ante la globalización*”. España: Universidad de Lleida.
- González , M. (2014). *Morteros Ligeros de Cáscara de Arroz*. Lima - Perú.
- Gutiérrez, J., Cadena, C., & Bula, A. (2014). “Aislamiento térmico producido a partir de cascarilla de arroz aglomerada utilizando almidón producido con *saccharomyce* ”. *Revista DYNA, Universidad Nacional de Colombia, Volumen 81*(Número 184), pp. 138-143.
- Heros, E. (2013). *Guía técnica del cultivo de arroz*. Obtenido de <http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/006-arroz.pdf>
- Hurtado, A. (2012). *Crecimiento y desarrollo de la planta de arroz*. En *Manual del cultivo del arroz*. Guayaquil.

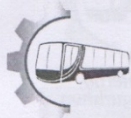
- INIAP. (2010). *Origen del arroz*. Obtenido de [http://mail.iniapecuador.gov.ec/isis/view\\_detail.php?mfn=33&qtype=search&dbinfo=FICHAS&words=ARROZ](http://mail.iniapecuador.gov.ec/isis/view_detail.php?mfn=33&qtype=search&dbinfo=FICHAS&words=ARROZ) Actualizado 05 de marzo de 2010
- INIAP. (2013). *Origen del Cultivo del arroz. En Manual del cultivo arroz*. Guayaquil.
- INIAP. (2015). *Manual del cultivo del Ecuador. Manual*. Guayas.
- Krishnarao, R., Mahajan, Y., & Kumar, T. (2011). Conversion of raw rice husks to SiC by pyrolysis in nitrogen atmosphere. *Journal of the European Ceramic Society*, pp. 147-152.
- Kurtis, K., & Rodriguez, F. (2013). Early age hydration of rice hull ash cement examined by transmission soft X-ray microscopy. *Cement and Concrete Research*, pp. 509-515.
- Landires. (2011). *Estudio de Factibilidad del Uso de la Cascarilla de Arroz como Combustible para Secado de Arroz en Ecuador*. Ecuador: ESPOL.
- Landires, C. (2016). *Estudio de Factibilidad del Uso de la Cascarilla de Arroz como Combustible para Secado de Arroz en Ecuador. Tesis*. Ecuador: ESPOL.
- Lara, W. (2014). *Determinación de la respuesta de dos enraizantes aplicados sobre semillas de arroz de la variedad INIAP 14 bajo condiciones de riego en la zona de Febres Cordero*. Obtenido de [http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/491/1/T-UTEQ\\_0032.pdf](http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/491/1/T-UTEQ_0032.pdf)
- Lóbach, B. (1981). *Diseño industrial*. Barcelona: Editorial Gustavo Gilí, S. A.
- Lóbach, B. (1981). *Diseño industrial*. Barcelona: Editorial Gustavo Gilí, S. A.
- MAGAP. (Noviembre de 2010). *Piladoras de arroz*. Obtenido de <http://www.magap.gob.ec>
- MAGAP, I. C. (2016). *Principales zonas productivas*. Guayaquil: Cielo.
- Maldonado, T. (2014). *El Diseño Industrial Reconsiderado, Colección Punto y Línea*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A.
- Mota, V. (2014). *Efecto de distancias de siembra en el rendimiento de cultivares de arroz*. Obtenido de

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/123456789/990/3/TUCSGPRE-TEC-ARRA-2.pdf>

- Nations, F. a. (Abril de 2018). Rice Market Monitor. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, XXI(1), 1-35.
- Ordoñez, L. (2011). *Reutilización de la Ceniza de Cáscara de Arroz como material de Construcción: Valoración y Optimización de sus Propiedades Puzolánicas*. España: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Ospina, M., & Gutiérrez, R. (2011). Modificación de la morfología de la ceniza de cascarilla de arroz por molienda de altas energías y su efecto en las propiedades reológicas de pastas de cemento portland adicionales. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, pp. 577-584.
- Panpa, W., & Jinawath, S. (2010). Synthesis of ZSM-5 zeolite and silicalite from rice husk ash. *Applied Catalysis B: Environmental*, pp. 389-394.
- Pinheiro, B. (2011). *Características morfológicas del arroz*. Obtenido de <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fe75wint02wx5eo07qw4xeclygdut.htm>
- Quintero, J. (2012). *Aprovechamiento de la cascarilla de arroz en cementos*. Cali.
- Robayo, R., Matthey, P., & Delvasto, S. (2011). *Comportamiento mecánico de un concreto fluido adicionado con ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y reforzado con fibras de acero*. Obtenido de [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-915X2013000200011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-915X2013000200011&script=sci_arttext)
- Rodríguez. (2011). *Manual de diseño industria*. Naucalpan de Juarez: Editorial Litoarte.
- Rodríguez Paez, J., Macía Pinto, D., & Arcos, C. A. (2013). La cascarilla de arroz como fuente de SiO<sub>2</sub>. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, pp. 7-20.
- Rodríguez, Y., Salinas, L., & Ríos, A. (2012). *Rice husk-based adsorbents in the removal of chromium from tanning industry effluents*. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*.

- Sierra, J. (2012). *Alternativas de Aprovechamiento de la Cascarilla de Arroz en Colombia*. Bogota, Colombia.
- Silva, J. G. (Abril de 2018). Rice Market Monitor. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, XXI(1), 1-35.
- Taiah, D. (2011). *La materialización de la idea. la actividad creativa del diseño de productos*. Universidad de Palermo.
- Technology, C. p. (15 de Agosto de 2016). *Skolkovo*. (C. Shura, Ed.) Obtenido de <https://sk.ru/>: <https://sk.ru/news/b/news/archive/2016/08/15/chinese-plant-to-turn-rice-husks-into-amorphous-silica-using-risilica-technology.aspx>
- Valverde. (2016). Estudio sobre el uso de la cascarilla de arroz en los molinos del Departamento del Tolima. *Tesis de Maestría en Eficiencia Energética*. Tolima: Editorial CEEMA, UCF.
- Valverde, A., Sarria, B., & Monteagudo, J. (2015). Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz. *Journal Scientia et Technica*, pp. 255-260.

## ANEXOS



Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

## RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE PROBETAS

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| <b>Informe N°:</b> 180442603720171114-ETC                        |                             |
| <b>DATOS DEL CLIENTE</b>   |                             |
| <b>Empresa / Cliente:</b> Giovanni David Salinas Vélez           |                             |
| <b>Dirección:</b> Av. Albert Einstein, Conjunto El Prado, Ambato |                             |
| <b>NÚM. DE CEDULA / RUC:</b> 1804426037                          | <b>TELÉFONO:</b> 0995721581 |
| <b>E-MAIL:</b> giova_ds@hotmail.com                              |                             |

|  |
|--|
| <b>DATOS INFORMATIVOS</b>  |
| <b>Laboratorio:</b> Resistencia de Materiales.   |
| <b>Designación del material:</b> Material matriz resina poliéster más refuerzo de cascarilla de arroz. |
| <b>Método de ensayo:</b> ASTM D3039-2015   |

## Número de Probetas cuantificadas.

| N°           | Identificación del grupo    | Resina poliéster (%) | Cascarilla de arroz (%) |              | Probetas a Ensayar |
|--------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------|--------------|--------------------|
|              |                             |                      | Triturada               | Sin triturar |                    |
| 1            | 180442603720171114 ETC 01-1 | 40                   | 60                      | -            | 1                  |
| 2            | 180442603720171114 ETC 01-2 | 60                   | 20                      | 20           | 1                  |
| 3            | 180442603720171114 ETC 01-3 | 50                   | 20                      | 30           | 1                  |
| 4            | 180442603720171114 ETC 01-4 | 40                   | -                       | 60           | 1                  |
| <b>TOTAL</b> |                             |                      |                         |              | <b>4</b>           |

**Nota:** Las probetas fueron realizadas en un molde con la utilización de mezcla de resina poliéster con refuerzo de cascarilla de arroz, se utilizó proceso de sin/con triturado para la fabricación de las probetas.

Observaciones: Ninguna.

|   |                                  |   |
|---|----------------------------------|---|
|   |                                  |   |
| Elaborado por:<br>Ing. Fernando Galerra | Aprobado por:<br>Ing. Juan Pablo | Aprobado por:<br>Ing. Esteban López Espinal |

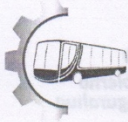
Código: RG-RM-001  
Fecha de Elaboración: 06-07-2016  
Fecha de última aprobación: 12-01-2017  
Revisión: 2

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN  
DE MUESTRAS

Página 1 de 2

Código: RG-RM-004  
Fecha de Elaboración: 13-01-2017  
Fecha de última aprobación: 23-01-2017  
Revisión: 7

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN  
DE MUESTRAS  
COMPLETOS



Centro de Fomento Productivo  
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

| ENSAYO SOLICITADO |                             |                                    |            |            |
|-------------------|-----------------------------|------------------------------------|------------|------------|
| No.               | No. DE PROBETA              | DESCRIPCIÓN                        | FECHAS     |            |
|                   |                             |                                    | RECEPCIÓN  | ENSAYO     |
| 1                 | 180442603720171114 ETC 01-1 | No cumple criterios dimensionales. | 14/11/2017 | 14/11/2017 |
| 2                 | 180442603720171114 ETC 01-2 | No cumple criterios dimensionales. | 14/11/2017 | 14/11/2017 |
| 3                 | 180442603720171114 ETC 01-3 | No cumple criterios dimensionales. | 14/11/2017 | 14/11/2017 |
| 4                 | 180442603720171114 ETC 01-4 | No cumple criterios dimensionales. | 14/11/2017 | 14/11/2017 |

**DATOS INFORMATIVOS:** De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas no cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones. El cliente acepta que se ensaye con estas observaciones.

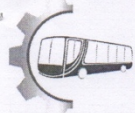
|   |   |
|---|---|
|   |   |
| <b>Elaborado por:</b><br>Ing. Fernando Galarza<br>Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC | <b>Aprobado por:</b><br>Ing. Esteban López Espinel<br>Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC |
| Cliente   |   |

NOTA: LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

Código: RG-RM-001  
Fecha de Elaboración: 06-07-2016  
Fecha de última aprobación: 12-01-2017  
Revisión: 2

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN  
DE MUESTRAS

Página 2 de 2



Centro de Fomento Productivo  
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS**

**INFORME DE RESULTADOS N°: 180442603720171114-ETC**

**DATOS GENERALES**

**Datos informativos: N° de proforma:** RM\_2017\_062  
**Empresa / Cliente:** Giovanni David Salinas Vélez.  
**RUC/C.I.:** 1804395307001 **Ciudad:** Ambato.  
**Dirección:** Av. Albert Einstein, Conjunto El Prado, Ambato.  
**Teléfono:** 0995721581 **Correo:** giova\_ds@hotmail.com  
**Datos del ensayo:**  
**Lugar de Ejecución del Ensayo:** Laboratorio de Resistencia de Materiales.  
**Dirección:** Ambato/Catigлата. Toronto y Rio de Janeiro.  
**Método de ensayo:** ASTM D3039-2015. Método de prueba estándar para propiedades de tracción de materiales compuestos de matriz de polimérica.  
**Tipo de ensayo:** Cuantitativo. **Tipo de probeta:** Plana.  
**Equipo utilizado:** Maquina de ensayos universal. Metro test 50 kN  
**Velocidad de ensayo:** 10 mm/min **Precarga:** 0 N  
**Fecha de Inicio de Ensayo:** 07/11/2017. **Fecha de Finalización de Ensayo:** 08/11/2017.  
Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de materiales compuestos. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

**OBJETOS DE ENSAYO**

**Número de Probetas cuantificadas**

| N°           | Identificación del grupo    | Resina poliéster (%) | Cascarilla de arroz (%) |              | Probetas a Ensayar |
|--------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------|--------------|--------------------|
|              |                             |                      | Triturada               | Sin triturar |                    |
| 1            | 180442603720171114 ETC 01-1 | 40                   | 60                      | -            | 1                  |
| 2            | 180442603720171114 ETC 01-2 | 60                   | 20                      | 20           | 1                  |
| 3            | 180442603720171114 ETC 01-3 | 50                   | 20                      | 30           | 1                  |
| 4            | 180442603720171114 ETC 01-4 | 40                   | -                       | 60           | 1                  |
| <b>TOTAL</b> |                             |                      |                         |              | <b>4</b>           |

**Nota:** Las probetas fueron realizadas en un molde con la utilización de mezcla de resina poliéster con refuerzo de cascarilla de arroz, se utilizó proceso de sin/con triturado para la fabricación de las probetas.

**Observaciones:** Ninguna.

|   |  |   |
|---|--|---|
|   |  |   |
| <b>Elaborado por:</b><br>Ing. Fernando Galarza<br>Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC | <b>Elaborado por:</b><br>Ing. Ángel Balseca<br>Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC | <b>Aprobado por:</b><br>Ing. Esteban López Espinel<br>Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC |

**Fecha de entrega de Informe:** Ambato, 14 de noviembre de 2017.  
**N°. Factura:** 001-002-000003734

Código: RG-RM-004  
Fecha de Elaboración: 11-05-2016  
Fecha de última aprobación: 21-06-2017  
Revisión: 7

**INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN MATERIALES COMPUESTOS**

Página 1 de 2



Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

### Resultados:

| Probeta | Identificación de probeta   | Temperatura (°C) | Humedad Relativa (%) | Dimensiones mm |         | Fuerza máxima (N) | Esfuerzo máximo de tracción (MPa) | Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa) | % Elongación (Calculado) | Tipo de falla evaluado |
|---------|-----------------------------|------------------|----------------------|----------------|---------|-------------------|-----------------------------------|---|--------------------------|------------------------|
|         |                             |                  |                      | Ancho          | Espesor |                   |                                   |   |                          |                        |
| 1       | 180442603720171114 ETC 01-1 | 22               | 65                   | 25,86          | 8,03    | 2270,46           | 10,93                             | 441,95                                  | 5,83                     | LGM                    |
| 2       | 180442603720171114 ETC 01-2 | 22               | 65                   | 25,02          | 6,82    | 1423,18           | 8,34                              | 196,15                                  | 5,69                     | LIT                    |
| 3       | 180442603720171114 ETC 01-3 | 22               | 65                   | 25,20          | 6,90    | 902,5             | 5,19                              | 163,53                                  | 5,63                     | LIT                    |
| 4       | 180442603720171114 ETC 01-4 | 22               | 65                   | 26,14          | 7,47    | 591,68            | 3,03                              | 84,36                                   | 6,39                     | LGM                    |

### Nomenclatura:

De tipo de falla evaluado: El tipo de falla evaluado se lo realiza mediante los criterios de la norma ASTM D3039-2015.

| Primer carácter | Segundo carácter | En el agarre      | Tercer carácter |
|-----------------|------------------|-------------------|-----------------|
| L               | A                | En el agarre      | T               |
| L               | I                | Dentro del agarre | T               |
| A               | G                | Zona calibrada    | M               |

INFORME DE ENSAYO DE  
TRACCIÓN MATERIALES  
COMPUESTOS

Código: RG-RM-004  
Fecha de Elaboración: 11-05-2016  
Fecha de última aprobación: 21-06-2017  
Revisión: 7

Página 2 de 2



Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carrocer



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

**HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS**

|  |
|--|
| <b>Informe N°:</b> 180439530720171020-ETC                        |
| <b>DATOS DEL CLIENTE</b>   |
| <b>Empresa / Cliente:</b> Giovanni David Salinas Vélez           |
| <b>DIRECCIÓN:</b> Av. Albert Einstein, Conjunto El Prado, Ambato |
| <b>NÚM. DE CEDULA / RUC:</b> 1804426037                          |
| <b>E-MAIL:</b> giova_ds@hotmail.com                              |
| <b>TELÉFONO:</b> 0995721581                                      |

**DATOS INFORMATIVOS**

**Laboratorio:** Resistencia de Materiales.

**Designación del material:** Material matriz resina poliéster más refuerzo de cascarilla de arroz.

**Método de ensayo:** ASTM D3039-2015

| Nº | IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA | FECHA INGRESO | FECHA ELIMINACIÓN | RESPONSABLE | OBSERVACIONES      | Evidencias |
|----|------------------------------|---------------|-------------------|-------------|--------------------|------------|
| 1  | 180442603720171114 ETC 01-1  | 14/11/2017    | 15/11/2017        | Cliente     | Entrega al cliente |            |
| 2  | 180442603720171114 ETC 01-2  | 14/11/2017    | 15/11/2017        | Cliente     | Entrega al cliente |            |
| 3  | 180442603720171114 ETC 01-3  | 14/11/2017    | 15/11/2017        | Cliente     | Entrega al cliente |            |
| 4  | 180442603720171114 ETC 01-4  | 14/11/2017    | 15/11/2017        | Cliente     | Entrega al cliente |            |

Código: RG-RM-003  
Fecha de Elaboración: 06-07-2016  
Fecha de última aprobación: 17-01-2017  
Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO  
DE MUESTRAS

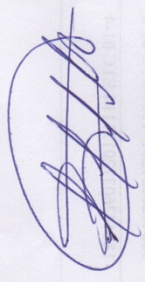


Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carrocerio

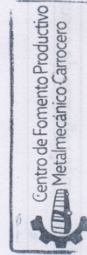


Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

Todas las muestras se entregan al cliente, el centro no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

|   |   |
|---|---|
|  | <p><b>Elaborado por:</b><br/>Ing. Fernando Galarza.<br/>Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC</p> |
|---|---|

|  |  |
|--|--|
|  | <p><b>Aprobado por:</b><br/>Ing. Esteban López Espinel<br/>Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC</p> |
|--|--|



Cliente

Código: RG-RM-003  
Fecha de Elaboración: 06-07-2016  
Fecha de última aprobación: 17-01-2017  
Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO  
DE MUESTRAS

## CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO DE MUESTRAS

| Determinación   | Método de ensayo     | Cantidad mínima de muestras | Dimensiones  |            |                     |              |                           |                        |                               |       |
|---|----------------------|-----------------------------|--|------------|---------------------|--------------|---------------------------|------------------------|-------------------------------|-------|
|   |                      |                             | Orientación de fibras  | Ancho (mm) | Longitud total (mm) | Espesor (mm) | Sobremonta de agarre (mm) | Espesor de agarre (mm) | Angulo de bisel de agarre (°) |       |
| Ensayo de tracción  | ASTM D3039/D3039M-14 | 5                           | 0° Unidireccional  | 15         | 250                 | 1.0          | 56                        | 1.5                    | 7 o 90                        |       |
|   |                      |                             | 90° Unidireccional   | 25         | 175                 | 2.0          | 26                        | 1.5                    | 90                            |       |
|   |                      |                             | Balancedo y simétrico  | 25         | 250                 | 2.5          | Pliego de lija            | -                      | -                             |       |
|   |                      |                             | Discontinuo - Aleatorio  | 25         | 250                 | 2.5          | Pliego de lija            | -                      | -                             |       |
| <p style="text-align: center;"> <b>DIMENSIONAMIENTO SEGUN ASTM D 3039 PROBETA A TRACCION</b><br/> <b>DIMENSIONAMIENTO SEGUN ASTM D 7264/D 7264M-15 PROBETA A FLEXION</b> </p> |                      |                             |  |            |                     |              |                           |                        |                               |       |
| Ensayo de flexión   | ASTM D7264/D7264M-15 | 5                           | <p style="text-align: center;">Nota 1: La longitud de la muestra debe ser aproximadamente 20% más larga que el tramo de apoyo.</p> |            |                     |              |                           |                        | Longitud (160 a 180) mm       |       |
|   |                      |                             |  |            |                     |              |                           |                        | Ancho                         | 13 mm |
|   |                      |                             |  |            |                     |              |                           | Espeor                 | 4 mm                          |       |