



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

**“ANÁLISIS DEL PROCESO DE RANURADO DEL MATERIAL
COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA CON RESINA EPOXI Y
POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE ABACÁ”**

AUTOR: Flores Jácome Walter Giovanni

TUTOR: Ing. Mg. Cristian Pérez

AMBATO – ECUADOR

2019

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“ANÁLISIS DEL PROCESO DE RANURADO DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA CON RESINA EPOXI Y POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE ABACÁ”** elaborado por el señor Flores Jácome Walter Giovanni, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica.

Certifico:

- Que la presente tesis es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos.
- Es concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Por lo tanto, autorizo la presentación de este documento ante el organismo pertinente, para que sea sometido a evaluación por los profesores calificadores designados por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad.

Ambato, Junio del 2019

.....

Ing. Mg. Cristian Pérez

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yo, Flores Jácome Walter Giovanni, portador de la C.I. 180432727-6 tengo a bien indicar que las ideas mostradas en el presente trabajo experimental: **“ANÁLISIS DEL PROCESO DE RANURADO DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA CON RESINA EPOXI Y POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE ABACÁ”**, son auténticos y de absoluta responsabilidad del autor, a excepción de las fuentes bibliográficas que se encuentran citadas en el trabajo de investigación.

Ambato, Junio del 2019

AUTOR

.....

Flores Jácome Walter Giovanni

C.I. 1804327276

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Experimental o parte de él, un documento para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimonial de mi Proyecto Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Junio del 2019

AUTOR

.....

Flores Jácome Walter Giovanni

C.I. 1804327276

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DEL GRADO

Los miembros del tribunal aprueban el informe del Trabajo Experimental sobre el tema: **“ANÁLISIS DEL PROCESO DE RANURADO DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA CON RESINA EPOXI Y POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE ABACÁ”** elaborado por Flores Jácome Walter Giovanni, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Junio del 2019

Para constancia firman:

.....

Ing. Mg. Christian Castro

.....

Ing. Mg. Diego Núñez

DEDICATORIA

A mis padres, Walter y Yolanda, que durante todo este tiempo me han inculcado valores para ser una persona de bien, demostrándome con su ejemplo que los objetivos en la vida se consiguen con sacrificio y trabajo, con quienes conté en los momentos más difíciles y sé que contaré con su apoyo el resto de mi vida.

A mi hermana, Alexandra, por acompañarme durante toda la vida, ayudándome siempre y alentándome a terminar este objetivo.

A Morayma, quien siempre estuvo a mi lado apoyándome y alentándome a terminar esta etapa universitaria.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, por su apoyo incondicional y la ayuda brindada para cumplir todos mis objetivos.

A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica y sus docentes en especial al Ing. Mg. Christian Pérez, Ing. Mg. Christian Castro y al Ing. Mg. Diego Núñez, que con sus conocimientos permitieron la culminación de esta Investigación.

A mis compañeros y amigos, que entre risas y enojos me ayudaron de una u otra forma a dar lo mejor de mí.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DEL GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
RESUMEN EJECUTIVO	XV
EXECUTIVE SUMMARY.....	XVI
1. CAPÍTULO I.....	1
1.1. Antecedentes Investigativos	1
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo General	3
1.2.2. Objetivos Específicos.....	3
1.3. Marco Teórico	4
1.3.1. Material compuesto.....	4
1.3.2. Materiales de refuerzo.....	5
1.3.3. Mecanizado por arranque de viruta.....	7
1.3.4. Mecanizado de materiales compuestos	9
1.3.5. Ranurado en materiales compuestos	10
1.3.6. Rugosidad superficial.....	11
1.3.7. Rugosidad media (Ra).....	12
1.3.8. Delaminacion superficial	12

1.3.9.	Degradación UV.....	13
2.	CAPÍTULO II.....	15
2.1.	Metodología.....	15
2.2.	Materiales	15
2.2.1.	Obtención de la materia prima	16
2.3.	Métodos	17
2.3.1.	Diseño de experimentos	17
2.4.	Diseño del experimento por el método de superficie de respuesta	19
2.4.1.	Tabla de diseño de Superficie de Respuesta	19
2.4.2.	Elaboración de las probetas.....	20
2.4.3.	Ensayos	34
2.4.4.	Mediciones	40
3.	CAPÍTULO III.....	44
3.1.	Fichas de recolección de datos de delaminación y rugosidad.	44
3.2.	Análisis y discusión de los resultados	96
3.3.	Análisis del factor de delaminación de entrada.....	96
3.3.1.	Aplicación de la metodología de superficie de respuesta	96
3.3.2.	Optimización del factor de delaminación de entrada.....	104
3.4.	Análisis del factor de delaminación de salida	105
3.4.1.	Aplicación de la metodología de superficie de respuesta	105
3.4.2.	Optimización del factor de delaminación de salida	114
3.5.	Análisis de la rugosidad.....	115
3.5.1.	Aplicación de la metodología de superficie de respuesta	115
3.5.2.	Optimización de la rugosidad.....	124
3.6.	Optimización simultanea	125
3.7.	Análisis del ensayo de degradación UV	126
3.7.1.	Análisis de tracción.....	126

3.8. Verificación de la hipótesis	127
4. CAPÍTULO IV	129
4.1. Conclusiones.....	129
4.2. Recomendaciones	130
ANEXOS.....	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Partes del Material Compuesto [6].	4
Figura 1-2. Refuerzos; alambres, fibras y whiskers [8].	6
Figura 1-3. Elemento estructural laminado [9].	7
Figura 1-4. Elemento estructural tipo sánduche [11].	7
Figura 1-5. Procesos de mecanizado por arranque de viruta [15].	9
Figura 1-6. Procesos de mecanizado en materiales compuestos [17].	10
Figura 1-7. Proceso de Ranurado [18].	11
Figura 1-8. Valor perfil rugosidad media [20].	12
Figura 1-9. Representación de las medidas tomadas para determinar el factor de delaminación convencional [20].	13
Figura 2-1. Torno CNC Travis M-1000.	34
Figura 2-2. Dimensiones del ranurado.	34
Figura 2-3. Probetas mecanizadas.	38
Figura 2-4. Cámara de arco de xenón Q-SUN.	39
Figura 2-5. Microscopio digital 1000x [31].	40
Figura 2-6. Calibración del microscopio (Autor).	41
Figura 2-7. Sección medida por el microscopio.	41
Figura 2-8. Toma de medidas.	42
Figura 2-9. Rugosímetro digital MYTUTOYO.	42
Figura 2-10. Medición de rugosidad.	43
Figura 3-1. Diagrama de Pareto de los efectos para el factor de delaminación de entrada.	96
Figura 3-2. Gráficas de residuos del factor de delaminación de entrada.	97
Figura 3-3. Gráficas de residuos del factor de delaminación de entrada transformado.	98
Figura 3-4. Diagrama de Pareto de los efectos relevantes del factor de delaminación de entrada.	99
Figura 3-5. Gráfica de probabilidad normal del factor de delaminación de entrada.	100
Figura 3-6. Gráfica de efectos principales del factor de delaminación de entrada.	100
Figura 3-7. Gráfica de interacciones del factor de delaminación de entrada.	101

Figura 3-8. Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, avance; para resina Epoxi y la herramienta 103 S.....	102
Figura 3-9. Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, avance; para resina Epoxi y la herramienta 107 M.	102
Figura 3-10. Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, avance; para resina Poliéster y la herramienta 103 S.	103
Figura 3-11. Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, avance; para resina Poliéster y la herramienta 107 M.....	104
Figura 3-12. Gráfica de optimización del factor de delaminación de entrada.	104
Figura 3-13. Diagrama de Pareto de los efectos para el factor de delaminación de salida.	106
Figura 3-14. Gráficas de residuos del factor de delaminación de salida.....	107
Figura 3-15. Gráficas de residuos del factor de delaminación de salida transformado.	108
Figura 3-16. Diagrama de Pareto de los efectos relevantes del factor de delaminación de salida.....	109
Figura 3-17. Gráfica de probabilidad normal del factor de delaminación de salida.....	110
Figura 3-18. Gráfica de efectos principales del factor de delaminación de salida... ..	111
Figura 3-19. Gráfica de interacciones del factor de delaminación de salida.	111
Figura 3-20. Gráfica de superficie del factor de delaminación de salida vs velocidad de husillo, avance; para resina Epoxi y la herramienta 103 S.....	112
Figura 3-21. Gráfica de superficie del factor de delaminación de salida vs velocidad de husillo, avance; para resina Epoxi y la herramienta 107 M.	113
Figura 3-22. Gráfica de superficie del factor de delaminación de salida vs velocidad de husillo, avance; para resina Poliéster y la herramienta 103 S.	113
Figura 3-23. Gráfica de superficie del factor de delaminación de salida vs velocidad de husillo, avance; para resina Poliéster y la herramienta 107 M.....	114
Figura 3-24. Gráfica de optimización del factor de delaminación de salida.....	115
Figura 3-25. Diagrama de Pareto de los efectos para la rugosidad.....	116
Figura 3-26. Gráficas de residuos de la rugosidad.	117
Figura 3-27. Gráficas de residuos de la rugosidad transformado.....	118
Figura 3-28. Diagrama de Pareto de los efectos relevantes de la rugosidad.....	119
Figura 3-29. Gráfica de probabilidad normal de la rugosidad.	120

Figura 3-30. Gráfica de efectos principales de la rugosidad.....	120
Figura 3-31. Gráfica de interacciones de la rugosidad.....	121
Figura 3-32. Gráfica de superficie de la rugosidad vs velocidad de husillo, avance; para resina Epoxi y la herramienta 103 S.	121
Figura 3-33. Gráfica de superficie de la rugosidad vs velocidad de husillo, avance; para resina Epoxi y la herramienta 107 M.	122
Figura 3-34. Gráfica de superficie de la rugosidad vs velocidad de husillo, avance; para resina Poliéster y la herramienta 103 S.	123
Figura 3-35. Gráfica de superficie de la rugosidad vs velocidad de husillo, avance; para resina Poliéster y la herramienta 107 M.....	123
Figura 3-36. Gráfica de optimización de la rugosidad.	124
Figura 3-37. Gráfica de optimización simultánea.	125
Figura 3-38. Gráfica de medias del esfuerzo máximo de tracción.....	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Materiales	15
Tabla 2-2. Parámetros de corte.....	19
Tabla 2-3. Tabla del diseño central compuesto.....	20
Tabla 2-4. Densidades de los materiales	21
Tabla 2-5. Proceso de preparación de la fibra de abacá.....	28
Tabla 2-6. Fabricación del compuesto con resina poliéster	29
Tabla 2-7. Fabricación del compuesto con resina epoxi.....	30
Tabla 2-8. Fabricación de las probetas para degradación UV con resina epoxi y poliéster.....	31
Tabla 2-9. Proceso de curado de las probetas para ranurado.	33
Tabla 2-10. Proceso de ranurado (matriz de resina epoxi).....	35
Tabla 2-11. Proceso de ranurado (matriz de resina poliéster).....	36
Tabla 3-1. ANOVA del factor de delaminación de entrada.....	99
Tabla 3-2. Valores predichos del punto óptimo del factor de delaminación de entrada.	105
Tabla 3-3. ANOVA del factor de delaminación de salida.	109
Tabla 3-4. Valores predichos del punto óptimo del factor de delaminación de salida.	115
Tabla 3-5. ANOVA de la rugosidad.	119
Tabla 3-6. Valores predichos del punto óptimo de la rugosidad.....	124
Tabla 3-7. Valores predichos para el punto óptimo simultaneo.....	125
Tabla 3-8. Verificación de hipótesis.	127

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ANÁLISIS DEL PROCESO DE RANURADO DEL MATERIAL COMPUESTO DE
MATRIZ POLIMÉRICA CON RESINA EPOXI Y POLIÉSTER REFORZADO CON
FIBRA DE ABACÁ

Autor: Flores Jácome Walter Giovanni

Tutor: Ing. Mg. Cristian Pérez

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación tiene por objeto estudiar el comportamiento que tiene el material compuesto de matriz polimérica con resina epoxi y poliéster reforzado con fibra de abacá al ser sujeto a un proceso de ranurado, variando parámetros de mecanizado como la velocidad de corte y velocidad de avance, además del tipo de herramienta a utilizar.

Se basó en el método de superficie de respuesta para diseñar el experimento obteniendo 52 combinaciones, cada una con su respectiva réplica, dando en total 104 ranurados con valores de velocidad de corte entre 25.13 y 75.4 m/min, y un avance entre 0.08 y 0.12 mm/rev, además se emplea dos diferentes herramientas de fresado; la primera es la herramienta 103-S (Súper Acabado “Plexiglas”) y la segunda 107-M (Dentado diamante con corte frontal), los resultados obtenidos fueron los factores de delaminación de entrada, delaminación de salida y rugosidad, permitiendo conocer la calidad superficial del compuesto. Al realizar una optimización simultánea de los parámetros utilizados en el mecanizado con la combinación de una velocidad de corte de 85.81 m/min, avance de 0.12828 mm/rev, tipo de herramienta 103-S y una matriz de resina Poliéster, se obtienen factores de delaminación de entrada y salida iguales a 1.0281 y 1.0707 respectivamente y una rugosidad de 2.3460 μ m; dichos valores lograrían la mejor calidad superficial para este compuesto.

Complementando la investigación se realizó ensayos de degradación UV con tiempos de exposición de 50, 100 y 150 horas, concluyendo que la capacidad máxima de esfuerzo a tracción para la de resina epoxi es en las 100 horas y la de poliéster a las 50 horas

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO
FACULTY OF CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING
MECHANICAL ENGINEERING CAREER

GROOVING PROCESS ANALYSIS OF THE MATERIAL COMPOSED BY THE POLYMERIC MATRIX WITH EPOXI RESIN AND POLYESTER REINFORCED WITH ABACA FIBER.

Author: Flores Jácome Walter Giovanni

Tutor: Ing. Mg. Cristian Pérez

EXECUTIVE SUMMARY

The following research has as an objective to study the behavior that the material composed by the polymeric matrix with epoxy resin and polyester reinforced with abaca fiber has, at the moment to be subject of a grooving process, changing mechanization process parameters such as the cut speed and the advance speed, as well as the kind of tool to use.

It is based on the surface response method to design the experiment, obtaining 52 combinations, each with its respective replica, giving a total of 104 grooves with cut-off speed values between 25.13 and 75.4 m/min, and an advance between 0.08 and 0.12 mm/rev, it is also applied the use of two different milling tools; the first tool 103-S (Super Acabado “Plexiglas”) and the second 107-M (Diamond serrate with front cut), the obtained results were entrance delamination factors, exiting factors and rugosity, allowing to know the superficial quality of the mixture. At the moment to develop a simultaneous optimization of the parameters used in the machining with a combination of a 85.81 m/min cut speed, advance of 0.12828 mm/rev, kind of tool 103-S, and a polyester resin matrix, entrance and exiting delamination factors are obtained similar to 1.0281 and 1.0707 respectively, and a rugosity of 2.3460 μ m; such values could be the best surface quality for this mixture.

To complement the research, UV degradation essays were elaborated with 50, 100 and 150 exposure hours, concluding as the maximum effort traction capacity for the epoxi resin which is in the 100 hours and the polyester one to the 50 hours.

CAPÍTULO I

1.1. Antecedentes Investigativos

Las fibras naturales están presentes en casi la totalidad del globo en diversas formas, es por eso que en los últimos años se ha incrementado el uso de materiales compuestos reforzados con fibras en aplicaciones de ingeniería, y todo indica que este crecimiento continuara en un futuro.

El desarrollo y utilización de estos composites de matriz polimérica y fibra avanza de forma significativa en sectores punteros como el aeroespacial en la cual casi el 50% de su fabricación se lo realiza con estos, debido a su menor peso, superior rigidez, resistencia, fatiga y comportamiento a la corrosión, dejan a un lado la utilización de materiales tradicionales como el metal en la fabricación de partes utilizadas en las aeronaves, estos son factores de gran importancia en las piezas móviles, especialmente en todas las formas de transporte donde las reducciones de peso dan como resultado mayor rendimiento y ahorro de energía.

Aunque este tipo de materiales tiene grandes ventajas, existen algunos inconvenientes a la hora de trabajar con ellos, el mecanizado de los mismos presenta una gran dificultad debido a su forma y al comportamiento tan variable frente a este tipo de operaciones. La falta de información acerca de este tema no permite realizar una comparación con el mecanizado de otros materiales como los metales.

Sunny [1], considera que el taladrado y ranurado son unas de las operaciones más críticas dentro del mecanizado de materiales compuestos debido a su tendencia a la delaminación cuando es sometido a esfuerzos mecánicos, es por eso que con la ayuda de ANOVA en el análisis de sus experimentos reveló que la velocidad de avance es el principal parámetro de corte que influye mayormente en la delaminación.

De acuerdo a Babu [2], quien estableció factores que se debe considerar al momento de poner en práctica un ranurado, concluyó que el factor delaminación F_d y la rugosidad superficial R_a son más favorables al realizar una comparación del ranurado en un material compuesto reforzado con fibra natural, que en uno reforzado con fibra de vidrio, además que utilizando parámetros como: velocidad de corte de 32 m/min,

velocidad de avance de 0.1 mm/rev y una profundidad de corte de 2 mm se puede obtener valores más bajos de delaminación y rugosidad superficial con fresas carburadas de 5mm.

En nuestro país estudio realizados por el ingeniero Vásquez Patricio [3], utilizando una serie de combinaciones entre una matriz polimérica y fibra natural de abacá, se demostró que en un ranurado de material compuesto con fibra natural de abacá, a medida que la velocidad de corte V_c aumenta de 48 a 60m/min y la velocidad de avance V_f disminuye de 0.15 a 0.10 mm/rev, la rugosidad superficial decrece, y a medida que la velocidad de corte V_c y la velocidad de avance V_f disminuye de 60 a 48 m/min y de 0.15 a 0.10 mm/rev respectivamente, este factor de delaminación decrece utilizando una HSC de herramienta.

Además, con la ayuda del estudio de Salinas [4] quien estableció que la mejor estratificación para el material híbrido con un número de 2 capas con orientaciones $(0^\circ, 90^\circ)$ y $(90^\circ, 0^\circ)$ es 70% de fracción volumétrica de resina epóxica y 30% de fracción volumétrica de refuerzo (fibra de abacá + fibra de algodón) con una configuración de tejido plano, se procederá a realizar la investigación tomando en cuenta parámetros necesarios para la obtención de datos reales para su posterior análisis y discusión.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Analizar el proceso de ranurado del material compuesto de matriz polimérica con resina epoxi y poliéster reforzado con fibra de abacá.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar el modelo experimental de indagación del ranurado del material compuesto.
 - Mediante el diseño de experimentos y la ayuda del programa Minitab aplicando el método de superficie de respuesta, se elaborará la tabla de diseño central del compuesto, obteniendo así el número de muestra necesarias para la investigación.
- Elaborar las muestras de los materiales compuestos de resina epoxi mas fibra de abacá y resina poliéster más fibra de abacá.
 - Se realizará dos planchas de (250 x 270 x 10) mm para el mecanizado de ranuras, una de resina epoxi y la otra de resina poliéster, además como complemento se elaborará 15 probetas con cada tipo de resina y fibra de abacá de (25 x 25) mm, a las cuales se les aplicará un ensayo de Degradación UV.
- Realizar pruebas experimentales modificando los parámetros de corte como velocidad de corte y velocidad de avance.
 - En el mecanizado de los ranurados se aplicará las combinaciones obtenidas en la tabla de diseño central del compuesto tanto de la velocidad de corte y avance como del tipo de herramental a utilizar.
- Evaluar la rugosidad y delaminación superficial utilizando factores convencionales para cada tipo.
 - Utilizando el rugosímetro Mitutoyo existente en los laboratorios de la facultad y con la ayuda de un microscopio digital 1000x, se medirá la rugosidad y delaminación existente en los ranurados para su posterior análisis.

1.3. Marco Teórico

1.3.1. Material compuesto

Se puede definir como material compuesto a la combinación de dos o más componentes de distinta naturaleza insolubles entre sí, que se pueden diferenciar por medios físicos. Uno de los objetivos principales para la creación de un material compuesto es obtener mejores propiedades que no pueden ser alcanzadas por ninguno de los constituyentes actuando por si solos [5].

Si los materiales compuestos van a ser utilizados por sus propiedades estructurales, una definición de material compuesto puede estar ligado a aquellos en los que una sustancia componente es el refuerzo (fibra o partícula) soportado por otra fase que actúa como aglutinante (matriz) [6].

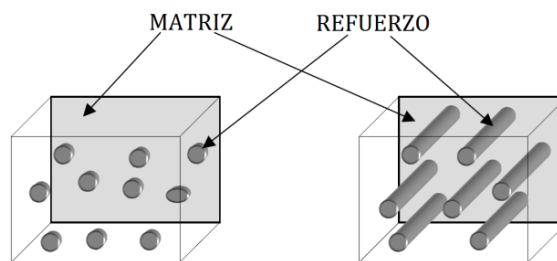


Figura 1-1. Partes del Material Compuesto [6].

Actualmente, un material compuesto es mayormente utilizado en la industria por su resistencia mecánica y menor peso que los metales, desempeñándose de manera cercana a los metales son sus respectivas aleaciones, uno de los ejemplos de material compuestos creados por la naturaleza son la madera, constituido por fibras largas flexibles de celulosa, unidos mediante una matriz de lignina. Los huesos se pueden considerar uno de estos materiales ya que están constituidos de colágeno (material suave) e hidroxiapatita (material duro) resultando un compuesto con características adecuadas para el ser humano [7].

1.3.2. Materiales de refuerzo

Un material de refuerzo es utilizado para incrementar la resistencia y rigidez de un compuesto, pero también, son empleados para mejorar el comportamiento a altas temperaturas o la resistencia a la abrasión [8].

Dentro de los materiales de refuerzo podemos encontrar partículas, fibras o elementos estructurales.

1.3.2.1. Partículas

Las partículas son un material de refuerzo, la cual en su fase es más dura y rígida que la matriz, en esencia la matriz transfiere parte de su esfuerzo aplicado hacia las partículas, por eso, al estar en proximidad con estas, tienden a restringir el movimiento de la matriz. Los refuerzos por partículas son usados para mejorar las propiedades multifuncionales al material resultante.

Las partículas pueden ser de tamaño grande o consolidadas por dispersión (pequeñas). Los compuestos que son reforzados con partículas grandes son utilizados en su mayoría con matrices metálicas poliméricas y cerámicas, un ejemplo del uso de este tipo de partículas son el concreto, formado de cemento (matriz) y de arena y grava (partículas).

Cuando se habla de partículas pequeñas, se debe tomar en cuenta que estas usualmente tienen un diámetro entre 10 o 100 μm o en forma de polvo, un ejemplo claro de este tipo de compuesto es la madera conformada, este tipo de materiales cuentan con una adecuada resistencia mecánica, menor densidad y mayor durabilidad que una madera común.

1.3.2.2. Fibras

Las fibras son un refuerzo policristalino o amorfo, que tienen diámetros pequeños y una gran longitud, en una matriz blanda y dúctil, la incorporación de fibras resistentes

y rígidas ayudan a que alcance un mejor comportamiento mecánico a la fatiga, rigidez y relación resistencia-peso.

Las fibras de acuerdo a sus características y al diámetro son agrupadas en: fibras, alambres y whiskers, estos últimos tienen un alto grado de perfección cristalina por su pequeño tamaño y virtualmente son libres de defectos, lo que lo hacen un material extremadamente costoso, pero con una resistencia excepcionalmente alta.

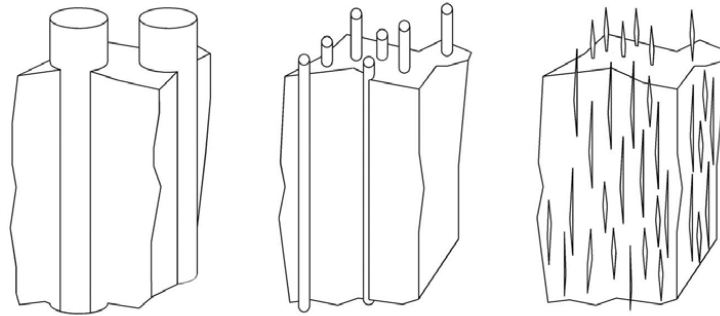


Figura 1-2. Refuerzos; alambres, fibras y whiskers [8].

1.3.2.3. Elementos estructurales

Un material compuesto no solo depende de las propiedades de los materiales constituyentes, sino también de la geometría de los elementos estructurales, siendo los más comunes los compuestos laminares y paneles tipo sánduche.

Un compuesto laminar está formado por láminas que tienen una dirección preferencial de alta resistencia, las capas son apiladas y posteriormente consolidadas de tal forma que la orientación varía de una lámina a otra, obteniendo así un material con un laminado de alta resistencia en las dos dimensiones [9].

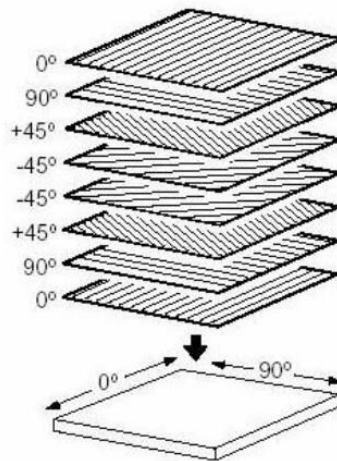


Figura 1-3. Elemento estructural laminado [9].

Los materiales compuestos tipo sánduche tienen capas delgadas de material de recubrimiento unidas a un material ligero de relleno, ni el relleno ni el material de recubrimiento son resistentes o rígidos, pero el compuesto q se obtiene reúne ambas propiedades [10].

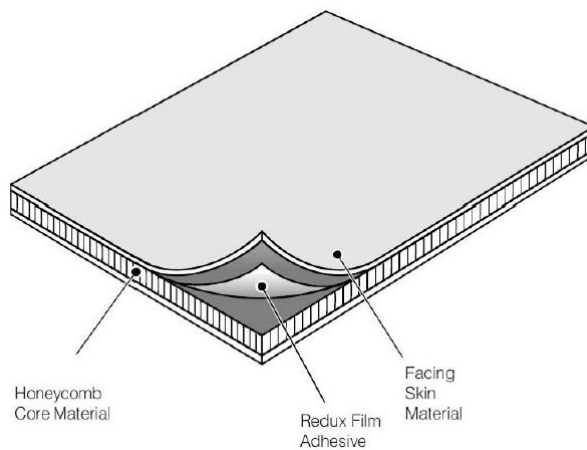


Figura 1-4. Elemento estructural tipo sánduche [11].

1.3.3. Mecanizado por arranque de viruta

Se denomina fabricación por mecanizado o arranque de viruta al proceso que se realiza al material para así obtener las dimensiones y naturaleza superficial que se desea obtener [12].

Todo proceso de fabricación por arranque de viruta comprende una gran variedad de campos y materias de actuación, por este motivo cuenta también con un gran número de alternativas para su clasificación, dependiendo de las características como la velocidad de contacto y la forma de la herramienta utilizada, pueden destacarse tres procesos: torneado, fresado, taladrado.

1.3.3.1. Taladrado

Es el proceso más utilizado al mecanizar materiales metálicos como híbridos, debido a que en cualquier estructura es necesaria la apertura de agujeros para realizar algún tipo de junta, fijación, etc. [13].

1.3.3.2. Torneado

El torneado es un proceso en el cual se puede obtener superficies cilíndricas y geometrías de revolución exterior e interior por medio del desprendimiento de viruta con la combinación del giro de la pieza y con el avance longitudinal de la herramienta de corte [14].

1.3.3.3. Fresado

Es el proceso de obtención de superficies planas, en el cual la herramienta está dotada con el movimiento principal de corte, y el material a mecanizar es fijado a la mesa de la fresadora vinculado al movimiento de avance, este proceso también se puede definir como la operación contraria al tornado [14].

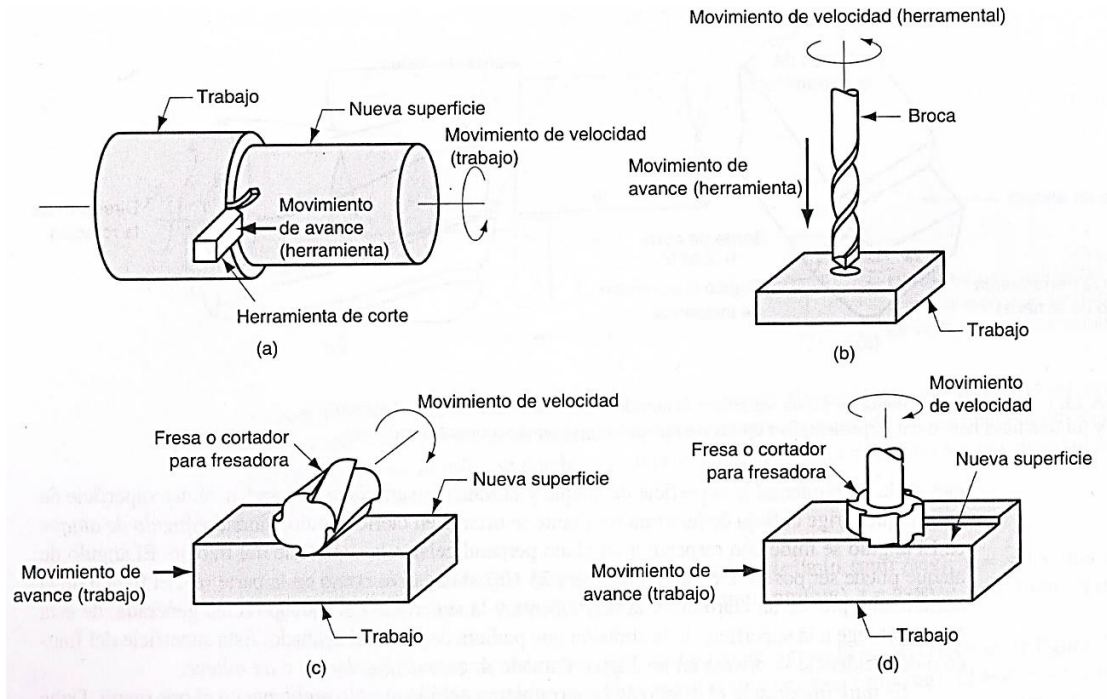


Figura 1-5. Procesos de mecanizado por arranque de viruta [15].

1.3.4. Mecanizado de materiales compuestos

Un material compuesto es fabricado de acuerdo a las necesidades específicas para el cual va a ser utilizado, a menudo existe una necesidad de mecanizado. Dado que el principal componente en un material compuesto es la matriz, y este a su vez contiene una parte de refuerzo, entre ellos partículas, fibras o elementos estructurales, el mecanizado se puede complicar por distintas razones.

Los materiales compuestos pueden ser unos de los materiales más difíciles de mecanizar debido a su inherente falta de homogeneidad, la abrasividad de los refuerzos y la naturaleza anisotrópica, lo que resulta en un alto desgaste de la herramienta o daños en la superficie [16].



Figura 1-6. Procesos de mecanizado en materiales compuestos [17].

El fresado y taladrado destacan entre las principales operaciones de mecanizado para este tipo de material, sean estos para ajustar el material a su contorno final o la ejecución de orificios para una posterior unión a otros elementos, que pueden ser materiales compuestos o no.

Dentro de las principales dificultades en el mecanizado de este tipo de material tenemos los siguientes:

- Coexistencia de un material blando con uno resistente y muchas veces abrasivo.
- El uso de materiales heterogéneos y anisótropos.
- Daño del material por delaminación, quemadura o rotura [12].

1.3.5. Ranurado en materiales compuestos

Consiste en generar un canal a lo largo de una superficie sólida, también se lo distingue como un orificio alargado realizando así un contorno final deseado. El ranurado en materiales compuestos se lo realiza habitualmente con el método de fresado convencional.

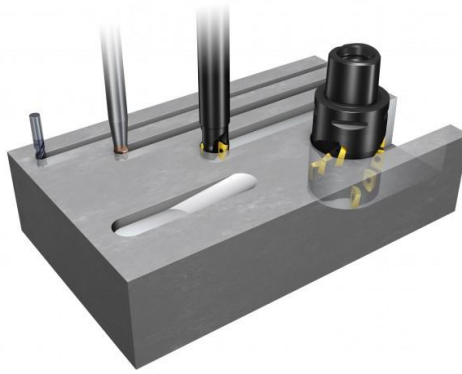


Figura 1-7. Proceso de Ranurado [18].

El ranurado se lo puede realizar por medio de fresas cilíndricas de mango o fresas de disco, de acuerdo al tipo de herramienta que se utilice las ranuras pueden tomar distintas formas.

Entre las ranuras más utilizadas se encuentran el ranurado recto (realizado por el mecanizado con fresas cilíndricas) y el ranurado de forma (para el mecanizado se utilizan regularmente la herramienta que se adecua a la forma exacta).

1.3.6. Rugosidad superficial

La rugosidad superficial es la calidad de la nueva superficie mecanizada, esto significa que mientras más fácil le resulte a la superficie interactuar con recubrimientos, barnices y pinturas, menos rugosa será la misma. Referente a esfuerzos mecánicos se podría decir que entre menos rugosa sea la superficie mecanizada menor será la fricción con elementos con otros elementos ensamblados.

Se han realizado estudios en los últimos años acerca del efecto que tienen los procesos por arranque de viruta y la herramienta utilizada en la calidad superficial, el fresado de materiales, ya sean metálicos o materiales compuestos no es la excepción por la gran demanda de estos en nuestros días. La principal razón para realizar estos estudios, es definir los parámetros adecuados y seleccionar la mejor herramienta para obtener una calidad superficial óptima de acuerdo al material al cual se esté mecanizando [19].

1.3.7. Rugosidad media (Ra)

La rugosidad media (Ra) es el parámetro indicado para la determinación de la rugosidad, este es el valor medio del perfil de rugosidad, es decir la media aritmética de los valores absolutos de las desviaciones del perfil, en los límites de la longitud básica l [20].

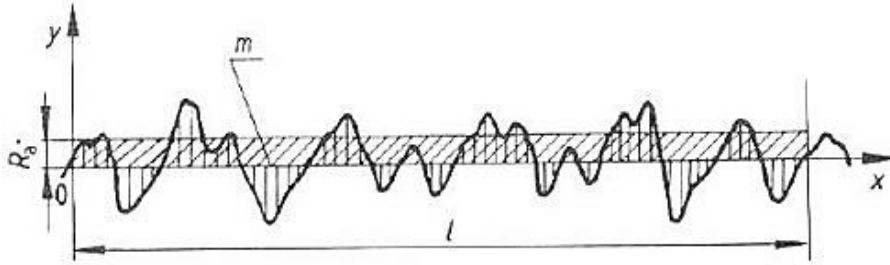


Figura 1-8. Valor perfil rugosidad media [20].

1.3.8. Delaminación superficial

La delaminación es un fenómeno que produce la separación entre láminas o capas de un material compuesto debido a la aplicación de fuerzas que logran vencer las uniones de las mismas, estas fuerzas son de empuje principalmente. Puede aparecer en zonas visibles, en las cuales se utiliza un microscopio, y zonas internas las cuales necesitan un estudio con técnicas como radiografías, termografías o ultrasonido [21].

Para determinar el daño por delaminación, se utilizará el factor de delaminación tradicional el cual es la relación existente entre el diámetro máximo delaminado (D_{max}) y el diámetro nominal del agujero (D_o).

Expresado matemáticamente el factor de delaminación es:

$$Fd = \frac{D_{max}}{D_o} \quad \text{Ecuación 1-1}$$

En donde D_{max} se puede definir como el diámetro máximo que alcanzan las fisuras en las inmediaciones del agujero o ranura realizada, y D_o es el diámetro nominal de la herramienta utilizada.

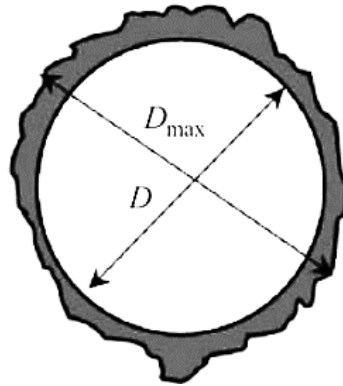


Figura 1-9. Representación de las medidas tomadas para determinar el factor de delaminación convencional [20].

Los métodos más utilizados para determinar la delaminación según investigaciones realizadas anteriormente son: El método visual, Análisis de imágenes, Evaluación mediante emisiones acústicas, Microscopía acústica de barrido, Ultrasonido C-scan, Radiografía, Tomografía computarizada de rayos X e Interferometría laser sombra Moiré [19].

1.3.9. Degradación UV

Cualquier cambio indeseable que ocurra en las propiedades de un material después de haber sido puesto en servicio se lo conoce como degradación. Dentro de los polímeros la degradación puede suceder en forma física, química o mecánica [22].

La radiación afecta a los materiales y esta puede ir desde el rango de una radiación ultravioleta en polímeros, radiación electromagnética que va desde la radiación emitida por un microondas hasta rayos gamma, y la radiación fotónica provocada por los protones hasta rayos alfa y neutrones.

Las radiaciones de energía elevada pueden producir cambios químicos en los polímeros lo cual lo llevan a la degradación, entre los cuales tenemos:

- Entrecruzamiento intermolecular
- Escisión irreversible

1.3.9.1. Fotodegradación

La Fotodegradación es aquella degradación producida por la exposición a la luz de los polímeros ocasionada por la irradiación con luz visible o ultravioleta, la mayoría de polímeros comerciales sufren reacciones diferentes cuando se irradian con luz ultravioleta (UV), ya que estos poseen constituyentes o impurezas que ayuda a la absorción de esta.

Ya que la luz solar que entra en la atmosfera terrestre incluye en su espectro una parte de radiación UV, y los polímeros al exponerse a la intemperie a esta luz, generan reacciones en su estructura que son dañinas causando una fragilización y decoloramiento.






CAPÍTULO II

2.1. Metodología

2.2. Materiales

Los materiales principales utilizados en este trabajo experimental son la resina poliéster y epoxi como parte de matriz, y como refuerzo la fibra de abacá.

Tabla 2-1. Materiales

Material	Imagen
Fibra de Abacá	
Resina Poliéster	
Resina Epóxica	
Catalizador	
Cera desmoldante	

Líquido desmoldante	
Molde	
Brocha	
Guaípe	

Fuente: Autor.

2.2.1. Obtención de la materia prima

La resina poliéster como su endurecedor fueron adquiridos en un centro de abastecimiento ubicado en la ciudad de Ambato, dirección redondel de Huachi Chico vía a Riobamba.

La resina epoxi y su endurecedor fueron obtenidas en Master fibra, ubicada en la Panamericana Norte Km 5 ½, barrio el Pisque, entrada a Macasto.

La fibra de abacá se la obtuvo en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, comercializada por sacos y transportada por un medio de encomiendas terrestre.

2.3. Métodos

2.3.1. Diseño de experimentos

En los últimos años se ha evidenciado que hacer experimentos o pruebas en el campo de la industria es muy utilizado para solucionar un problema o comprobar una idea, por ejemplo, optimizar los métodos de operación o las condiciones en un proceso, comprobar una variedad de temperatura para un trabajo óptimo en un mecanismo máquina o la creación de un nuevo material para mejorar sus propiedades o eliminación de un problema.

A menudo estas pruebas o experimentos se realizan con base en la prueba y error, apelando a la experiencia y a la intuición del experimentador, en vez de seguir un plan experimental adecuado, sin embargo, en ciertas ocasiones de mayor complejidad no es suficiente utilizar el método de “prueba o error”, por lo que es recomendable proceder de una forma eficaz que garantice las respuestas requeridas en un lapso corto de tiempo y con la utilización de pocos recursos.

El diseño de experimentos consiste en determinar las pruebas y maneras de realizarlas, para así obtener los datos que, al ser analizados estadísticamente obtengamos evidencias objetivas que nos ayuden a obtener respuestas a las interrogantes planteadas y poder resolver un problema o lograr mejoras en el mismo [23].

Dentro del diseño de experimentos las más utilizados para la resolución de un problema existen los siguientes métodos comúnmente utilizados:

2.3.1.1. Diseño Factorial

El diseño factorial consiste en el estudio del efecto de varios factores sobre una o varias respuestas o características de calidad, es decir, se busca encontrar la relación entre los factores y las respuestas, y determinar una combinación de niveles en la cual el desempeño de los valores sea mejor que las condiciones actuales, lo que permita mejorar o en ocasiones eliminar la calidad en la variable de salida.

Un diseño de experimentos factorial es el conjunto de puntos experimentales o tratamientos que pueden formarse tomando en cuenta todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores [24]- [25].

2.3.1.2. Taguchi

Los métodos Taguchi son la evaluación y mejoramiento de la robustez de productos, especificación de tolerancias, diseño de ingeniería de los procesos de manufactura, y la evaluación de la de la pérdida económica por la variación funcional de los productos (ingeniería de calidad) [26].

Taguchi presenta tres etapas en el diseño de un producto o de un proceso:

- Diseño del Sistema.
- Diseño de los parámetros.
- Diseño de las tolerancias.
-

Estos diseños están basados en arreglos ortogonales que normalmente se identifican como L_8 , el cual indica un arreglo de 8 corridas para poder diseñar el experimento [27].

2.3.1.3. Superficie de Respuesta

El diseño de superficie de respuesta es un conjunto de técnicas avanzadas utilizada en el DOE o diseño de experimentos, el cual es una herramienta muy útil para la optimización de las respuestas y una mejor comprensión de las mismas [28].

Para el desarrollo de un diseño de experimentos con la metodología de superficie de respuesta se debe tomar en cuenta dos etapas: modelamiento y desplazamiento, el primero generalmente se ajusta a modelos simples, estos pueden ser lineales o cuadráticos, obteniendo respuestas con planeamientos factoriales o planeamientos factoriales ampliados, y el segundo se lo realiza en el transcurso del camino de máxima inclinación de un modelo formando una recorrido en la cual la respuesta varía de forma más marcada [29].

Las etapas en este diseño de superficie se irán repitiendo las veces que fueran necesarias hasta alcanzar una zona óptima de la superficie investigada, la diferencia entre una ecuación de superficie de respuesta con una de diseño factorial es que en la primera los términos al cuadrado son añadidos, permitiendo modelar si existiera una curva en la respuesta [28] [29].

2.4. Diseño del experimento por el método de superficie de respuesta

Para realizar el diseño del experimento por el método de superficie de respuesta utilizamos el programa estadístico Minitab, el cual nos ayudara a desarrollar la tabla de diseño.

En este programa utilizando los valores de la tabla 2-2 se generará el número de ensayos y réplicas necesarias para que el experimento obtenga resultados confiables.

Tabla 2-2.Parámetros de corte

Herramienta	Resina	Velocidad de Corte	Avance
103 S (Super Acabado “Plexiglas”)	Epoxi	25.13 m/min	0.08 mm/rev
	Poliéster	75.4 m/min	0.12 mm/rev
107 M (Dentado diamante con corte frontal)	Epoxi		
	Poliéster		

Fuente: Autor.

2.4.1. Tabla de diseño de Superficie de Respuesta

En la tabla 2-3 se demuestra las combinaciones logradas con ayuda del programa estadístico Minitab, las mismas que serán utilizadas para el compuesto de matriz de resina epoxi y resina poliéster, tanto con la herramienta 103-S como con la herramienta 107-M.

La combinación del tipo de resina, el tipo de herramienta y los parámetros de corte obtenidos en la tabla de diseño de experimento, forman el total de 104 ranurados necesarios para la ejecución del mismo

Tabla 2-3. Tabla del diseño central compuesto

Bloque de ensayos	Velocidad de Husillo (rpm)	Velocidad de Corte (m/min)	Avance (mm/rev)	Velocidad de Avance (mm/min)
1	800,00	25,13	0,080	64,000
2	2400,00	75,40	0,080	192,000
3	800,00	25,13	0,120	96,000
4	2400,00	75,40	0,120	288,000
5	468,63	14,72	0,100	46,863
6	2731,37	85,81	0,100	273,137
7	1600,00	50,27	0,072	114,745
8	1600,00	50,27	0,128	205,255
9	1600,00	50,27	0,100	160,000
10	1600,00	50,27	0,100	160,000
11	1600,00	50,27	0,100	160,000
12	1600,00	50,27	0,100	160,000
13	1600,00	50,27	0,100	160,000
14	800,00	25,13	0,080	64,000
15	2400,00	75,40	0,080	192,000
16	800,00	25,13	0,120	96,000
17	2400,00	75,40	0,120	288,000
18	468,63	14,72	0,100	46,863
19	2731,37	85,81	0,100	273,137
20	1600,00	50,27	0,072	114,745
21	1600,00	50,27	0,128	205,255
22	1600,00	50,27	0,100	160,000
23	1600,00	50,27	0,100	160,000
24	1600,00	50,27	0,100	160,000
25	1600,00	50,27	0,100	160,000
26	1600,00	50,27	0,100	160,000

Fuente: Autor.

2.4.2. Elaboración de las probetas

Para realizar el proceso de elaboración de las probetas tanto en resina epoxi como en resina poliéster se debe calcular previamente las fracciones volumétricas, tomando en cuenta el porcentaje de pérdidas.

2.4.2.1. Cálculo de las fracciones Volumétricas

Los datos utilizados para los cálculos tomados de investigaciones previas a base de experimentos minuciosos son los siguientes:

Tabla 2-4.Densidades de los materiales

Datos	Densidad
Resina Poliéster	$1.20 \frac{g}{cm^3}$
Resina Epoxi	$1.30 \frac{g}{cm^3}$
Fibra de abacá	$1.48 \frac{g}{cm^3}$

Fuente: [30].

La densidad de la resina Poliéster y Epoxi fue tomada del libro Fundamentos de la ingeniería de materiales [30], la densidad de la fibra de abacá fue tomada del estudio “Análisis del proceso de ranurado en materiales compuestos: Fibra natural más Fibra de vidrio más Resina poliéster y Fibra natural más Resina poliéster” de Vásquez Manzano Patricio [3].

2.4.2.2. Cálculo de las fracciones volumétricas del compuesto para ranurado de resina poliéster con refuerzo de fibra de abacá.

Se realizará una plancha de material compuesto de 250*250mm, (área útil del molde), con un espesor considerado de 10mm.

Volumen total del compuesto (V_c):

$$V_c = 10 * 250 * 250$$

$$V_c = 625000 \text{ mm}^3$$

$$V_c = 625 \text{ cm}^3$$

Volumen de la matriz (V_{tm}): Resina Poliéster (RP) 70%

$$V_{RP} = V_c * \%RP$$

$$V_{RP} = 625 \text{ cm}^3 * 70\%$$

$$V_{RP} = 437.5cm^3$$

Pérdidas (V_p): Perdidas 10%

$$V_p = V_{RP} * Pérdidas(10\%)$$

$$V_p = 437.5cm^3 * 10\%$$

$$V_p = 43.75cm^3$$

Entonces:

$$V_{tm} = V_{RP} + V_p$$

$$V_{tm} = 437.5cm^3 + 43.75cm^3$$

$$V_{tm} = 481.25cm^3$$

Peso de la resina Poliéster:

$$m_{RP} = \rho_{RP} * V_{tm}$$

$$m_{RP} = 1.20 \frac{g}{cm^3} * 481.25cm^3$$

$$m_{RP} = 577.5 g$$

Volumen de la fibra de abacá (V_{Fa}): Fibra de abacá 30%

$$V_{Fa} = V_c * \%Fa$$

$$V_{Fa} = 625cm^3 * 30\%$$

$$V_{Fa} = 187.5cm^3$$

Peso de la Fibra de abacá:

$$m_{Fa} = \rho_{Fa} * V_{Fa}$$

$$m_{Fa} = 1.48 \frac{g}{cm^3} * 187.5cm^3$$

$$m_{Fa} = 277.5 g$$

Para alcanzar el espesor de 10mm que requerido para el compuesto se utilizara 7 capas de fibra.

2.4.2.3. Cálculo de las fracciones volumétricas del compuesto para ranurado de resina epoxi con refuerzo de fibra de abacá.

Se realizará una plancha de material compuesto de 250*250mm, (área útil del molde), con un espesor considerado de 10mm.

Volumen total del compuesto (V_c):

$$V_c = 10 * 250 * 250$$

$$V_c = 625000 \text{ mm}^3$$

$$V_c = 625 \text{ cm}^3$$

Volumen de la matriz (V_{tm}): Resina Epoxi (RE) 70%

$$V_{RP} = V_c * \%RE$$

$$V_{RP} = 625 \text{ cm}^3 * 70\%$$

$$V_{RP} = 437.5 \text{ cm}^3$$

Pérdidas (V_p): Perdidas 10%

$$V_p = V_{RE} * \text{Pérdidas}(10\%)$$

$$V_p = 437.5 \text{ cm}^3 * 10\%$$

$$V_p = 43.75 \text{ cm}^3$$

Entonces:

$$V_{tm} = V_{RE} + V_p$$

$$V_{tm} = 437.5 \text{ cm}^3 + 43.75 \text{ cm}^3$$

$$V_{tm} = 481.25 \text{ cm}^3$$

Peso de la resina Epoxi:

$$m_{RE} = \rho_{RE} * V_{tm}$$
$$m_{RP} = 1.30 \frac{g}{cm^3} * 481.25cm^3$$
$$m_{RP} = 625.625 g$$

Volumen de la fibra de abacá (V_{Fa}): Fibra de abacá 30%

$$V_{Fa} = V_c * \%Fa$$
$$V_{Fa} = 625cm^3 * 30\%$$
$$V_{Fa} = 187.5cm^3$$

Peso de la Fibra de abacá:

$$m_{Fa} = \rho_{Fa} * V_{Fa}$$
$$m_{Fa} = 1.48 \frac{g}{cm^3} * 187.5cm^3$$
$$m_{Fa} = 277.5 g$$

Para alcanzar el espesor de 10mm que requerido para el compuesto se utilizara 7 capas de fibra.

2.4.2.4. Cálculo de las fracciones volumétricas del compuesto para degradación UV de resina poliéster con refuerzo de fibra de abacá.

Se realizarán 15 probetas de material compuesto de 25*250mm, con un espesor considerado de 3.5mm.

Volumen total del compuesto (V_c):

$$V_c = 25 * 250 * 3.5$$
$$V_c = 21875 mm^3$$
$$V_c = 21.875 cm^3$$

Volumen de la matriz (V_{tm}): Resina Poliéster (RP) 70%

$$\begin{aligned}V_{RP} &= V_C * \%RP \\V_{RP} &= 21.875\text{cm}^3 * 70\% \\V_{RP} &= 15.3125\text{cm}^3\end{aligned}$$

Pérdidas (V_p): Perdidas 10%

$$\begin{aligned}V_p &= V_{RP} * \text{Pérdidas}(10\%) \\V_p &= 15.3125\text{cm}^3 * 10\% \\V_p &= 1.531\text{cm}^3\end{aligned}$$

Entonces:

$$\begin{aligned}V_{tm} &= V_{RP} + V_p \\V_{tm} &= 15.3125\text{cm}^3 + 1.531\text{cm}^3 \\V_{tm} &= 16.844\text{cm}^3\end{aligned}$$

Peso de la resina Poliéster:

$$\begin{aligned}m_{RP} &= \rho_{RP} * V_{tm} \\m_{RP} &= 1.20 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 16.844\text{cm}^3 \\m_{RP} &= 20.21 \text{ g}\end{aligned}$$

Volumen de la fibra de abacá (V_{Fa}): Fibra de abacá 30%

$$\begin{aligned}V_{Fa} &= V_C * \%Fa \\V_{Fa} &= 21.875\text{cm}^3 * 30\% \\V_{Fa} &= 6.5625\text{cm}^3\end{aligned}$$

Peso de la Fibra de abacá:

$$m_{Fa} = \rho_{Fa} * V_{Fa}$$

$$m_{Fa} = 1.48 \frac{g}{cm^3} * 6.5625 cm^3$$

$$m_{Fa} = 9.71 g$$

Para lograr el espesor de 3.5mm necesarios para el ensayo de degradación UV, se utilizó 3 capas de fibra.

2.4.2.5. Cálculo de las fracciones volumétricas del compuesto para degradación UV de resina epoxi con refuerzo de fibra de abacá.

Se realizarán 15 probetas de material compuesto de 25*250mm, con un espesor considerado de 3.5mm.

Volumen total del compuesto (V_c):

$$V_c = 25 * 250 * 3.5$$

$$V_c = 21875 mm^3$$

$$V_c = 21.875 cm^3$$

Volumen de la matriz (V_{tm}): Resina Epoxi (RE) 70%

$$V_{RP} = V_c * \%RE$$

$$V_{RP} = 21.875 cm^3 * 70\%$$

$$V_{RE} = 15.3125 cm^3$$

Pérdidas (V_p): Perdidas 10%

$$V_p = V_{RE} * Pérdidas(10\%)$$

$$V_p = 15.3125 cm^3 * 10\%$$

$$V_p = 1.531 cm^3$$

Entonces:

$$V_{tm} = V_{RP} + V_P$$

$$V_{tm} = 15.3125\text{cm}^3 + 1.531\text{cm}^3$$

$$V_{tm} = 16.844\text{cm}^3$$

Peso de la resina Epoxi:

$$m_{RE} = \rho_{RE} * V_{tm}$$

$$m_{RP} = 1.30 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 16.844\text{cm}^3$$

$$m_{RP} = 21.897 \text{ g}$$

Volumen de la fibra de abacá (V_{Fa}): Fibra de abacá 30%

$$V_{Fa} = V_C * \%Fa$$

$$V_{Fa} = 21.875\text{cm}^3 * 30\%$$

$$V_{Fa} = 6.5625\text{cm}^3$$

Peso de la Fibra de abacá:

$$m_{Fa} = \rho_{Fa} * V_{Fa}$$

$$m_{Fa} = 1.48 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 6.5625\text{cm}^3$$




$$m_{Fa} = 9.71 \text{ g}$$

Para lograr el espesor de 3.5mm necesarios para el ensayo de degradación UV, se utilizó 3 capas de fibra.

2.4.2.6. Preparación de la fibra de abacá

El proceso de preparación de la fibra de abacá, desde la obtención de la misma en bruto hasta su tejido se detalla en la tabla 2-5.







Tabla 2-5. Proceso de preparación de la fibra de abacá



Ítem	Actividad	Descripción	Observación
1	Obtención de la materia prima	La materia prima se la obtuvo en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas comercializada por sacos y enviada a la ciudad por encomienda terrestre	
2	Deshilado	El deshilado se lo realizó extendiendo toda la fibra en el suelo y separando cada hilo uno por uno para formar pequeños estambres, tratando de no dañar la fibra.	
3	Agrupar la cantidad de fibras necesarias para cada pasada	Es necesario agrupar un número necesario de hilos de la fibra para poder realizar el tejido con el espesor de 1.2 a 1.4 mm de espesor.	
4	Preparar el telar	En la preparación del telar se enrollan los hilos en una trama, y posteriormente se los pasa por la aguja alistándolos para el tejido.	
5	Tejer	Para obtener un tejido de 60 x 110 cm, el artesano utiliza sus habilidades y un tiempo estimado de 24 horas en el tejido de un telar con las características necesarias para la investigación.	
6	Retirar el tejido	Se procede a cortar los hilos de algodón al terminar el tejido, así se puede retirar el telar de las dimensiones antes requeridas al artesano.	

Fuente: Autor.

2.4.2.7. Fabricación de las probetas de resina poliéster para ranurado

Tabla 2-6. Fabricación del compuesto con resina poliéster




Ítem	Actividad	Descripción	Observación
1	Adquisición de materiales	Se procedió a la compra de resina poliéster necesaria para la elaboración de la probeta.	
2	Limpieza del molde	El molde es limpiado de alguna impureza con ayuda de un alija de agua o un trapo mojado, evitando que pueda provocar el daño de la probeta a realizarse	
3	Encerado del molde	Con un guaipe y cera desmoldante se aplican varias capas en el molde, dando un intervalo de tiempo de 3 a 5 min entre estas para lograr un encerado óptimo.	
4	Recortado de la fibra	Se procede a recortar la fibra en pequeños trozos de 270 x 250 mm, los cuales encajan perfectamente en el molde.	
5	Preparación de la resina	Se procede a pesar la cantidad de resina calculada en 2.4.2.2, la cantidad de MECK utilizada en este caso es del 2%.	
6	Moldeado del compuesto	Se aplica la resina en el molde y la fibra en dirección 0° y 90° obteniendo un compuesto bidireccional.	





7	Sellado del molde	Se aplica la tapa al molde evitando que en el interior queden bolsas de aire, se sella los tornillos y se deja secar.	
8	Desmoldar	Luego de 24 horas de secado se la retira del molde, si es necesario se utiliza un punzón de madera y martillo.	

Fuente: Autor.

2.4.2.8. Fabricación de las probetas de resina epoxi para ranurado

Tabla 2-7. Fabricación del compuesto con resina epoxi.


Ítem	Actividad	Descripción	Observación
1	Preparación de materiales	La preparación de los materiales a utilizarse se los realizo en las instalaciones de Masterfibra.	
2	Delimitación de la superficie de la probeta	Con cinta masking se delimito el área destinada a la probeta de 270 x 250 mm, dejando para los bordes un espacio de 5mm entre la fibra y la cinta de delimitación.	
3	Limpieza y encerado de la mesa de trabajo	Se limpia el área de trabajo antes de encerarlo, se aplica tres capas de cera dejando que esta se seque de 3 a 5 minutos entre cada capa	






4	Recortado de la fibra	Los pedazos de fibra recortados son de 270 x 250 mm los cuales encajan en la superficie delimitada con la cinta masking.	
5	Preparación de la resina	Se procede a pesar la cantidad de resina calculada en 2.4.2.3, la cantidad de MECK utilizada en este caso es del 2%.	
6	Moldeado del compuesto	Se vierte una capa de resina que cubra el área delimitada, se coloca la fibra en dirección 0 y 90° respectivamente colocando una capa de resina cada vez que se coloque un trozo de fibra, con la ayuda de un rodillo se evita que queden pequeñas bolsas de aire en este proceso.	
7	Secado del compuesto	24 horas después de haber elaborado el compuesto este está listo para ser retirado de la mesa de trabajo.	

Fuente: Autor.

2.4.2.9. Fabricación de las probetas con resina poliéster y epoxi para degradación UV

Tabla 2-8. Fabricación de las probetas para degradación UV con resina epoxi y poliéster






Ítem	Actividad	Descripción	Observación
1	Delimitación de la superficie de la probeta	Las medidas para delimitar el área con cinta masking son de 30 x 255 mm.	

2	Limpieza y encerado de la mesa de trabajo	Se realiza un limpieza de la mesa, evitando partículas que puedan producir daños a la probeta, con guaípe se encera la zona delimitada aplicando 3 capas de este en un intervalo de 3 a 5 minutos entre cada capa.	
3	Recortado de la fibra	Se recorta la fibra en pequeños pedazos de 30 x 255 mm, las mismas dimensiones del área delimitada en la mesa de trabajo.	
4	Preparación de la resina	Se procede a pesar la cantidad de resina calculada en 2.4.2.3 y 2.4.2.4, la cantidad de MEK utilizada en este caso es del 2%.	
5	Moldeado del compuesto	Se vierte una capa de resina que cubra el área delimitada, se coloca la fibra en dirección 0 y 90° utilizando un rodillo para ayudar a la compactación del compuesto	
6	Curado del compuesto	Se deja secar las probetas durante 24 horas, después de retirarlas de la mesa se corta pequeñas rebabas que se puedan originar a los lados y dejarlas de las dimensiones necesarias.	

Fuente: Autor.

2.4.2.10. Curado de las probetas para ranurado

Tabla 2-9. Proceso de curado de las probetas para ranurado.

Ítem	Actividad	Descripción	Observación
1	Lijado de los bordes de las probeta	Con ayuda de una lija se elimina las pequeñas rebabas o excesos de resina que se produjeron en la elaboración de las probeta.	
2	Adquisición de tablas de dimensiones superiores a la probeta	Se deben adquirir tablas de dimensiones 300x300 mm para la posterior sujeción de la probeta a la misma.	
3	Sujeción de las probetas en las tablas	Para la sujeción se realiza perforaciones en las esquinas y en la mitad de cada lado de la probeta, sujetándolas a la tabla por medio de un tornillo.	
4	Pre calentamiento del secador	El secador por radiación infrarroja debe estar pre calentado a 70°C.	
5	Secado de las probetas	Una vez que el secador se mantenga a la temperatura indicada, se ingresan las probetas y el proceso se lo realiza por un tiempo de 2 horas, transcurrido ese tiempo se apaga el secador y se deja reposar las probetas hasta el siguiente día para retirar las mismas.	

Fuente: Autor.

2.4.3. Ensayos

2.4.3.1. Ranurado del material compuesto

El ranurado del material compuesto se lo realizó en el laboratorio de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, utilizando el Torno ST-10 marca Travis modelo M-1000.



Figura 2-1. Torno CNC Travis M-1000.

Fuente: Autor.

Las dimensiones de la ranura a elaborarse son de 20x20 de centro a centro y con un diámetro de herramienta de 10 milímetros figura 2-2.

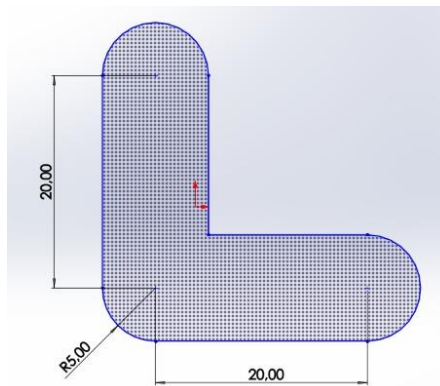



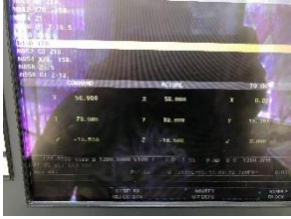

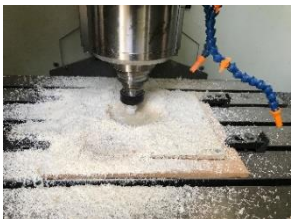




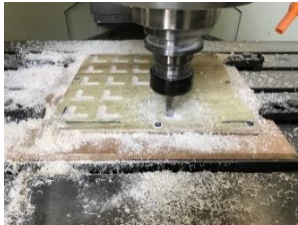

Figura 2-2. Dimensiones del ranurado.

Fuente: Autor.

2.4.3.2. Proceso de ranurado del material compuesto de matriz de resina epoxi

Tabla 2-10. Proceso de ranurado (matriz de resina epoxi)


Ítem	Actividad	Descripción	Observación
1	Colocación del herramental	Se coloca el herramental en el portaherramientas, la primera fresa utilizada para el ranurado es la 103 S (Super Acabado “Plexiglas”),	
2	Fijación de la probeta	Con ayuda de las tablas utilizadas para realizar el curado, se fija la probeta en la máquina para realizar el mecanizado	
3	Encerado de la maquina	Se traza el punto cero en la probeta, y con ayuda del herramental se encera en los ejes x, y, z.	
4	Verificación del código	Se ingresa el código para el mecanizado y se verifica para evitar contratiempos o daños, tanto al material compuesto como a la máquina.	
5	Ranurado del material compuesto	Comienza el ranurado de 13 ensayos y 13 réplicas con la fresa 103 S con variaciones en velocidad de corte y velocidad de avance como se especifica en 2.4.1	
6	Limpieza de la viruta	Al culminar las ranuras con la herramienta 103 S, se debe eliminar la viruta producida al realizar este mecanizado, evitando así posibles problemas al utilizar el siguiente herramental.	







7	Obtención de muestras de viruta	Se retira la herramienta 103S, y se obtiene como muestra una viruta en forma de filamentos cortos.	
8	Cambio de herramienta	Luego de haber terminado el mecanizado con la primera fresa, se cambia de herramienta a la fresa 107 M (Dentado diamante con corte frontal) y se procede con la programación.	
9	Ranurado con el siguiente herramienta	Se realiza el ranurado de 13 ensayos y 13 réplicas con la herramienta 107 M con variaciones en velocidad de corte y velocidad de avance como se especifica en 2.4.1.	
10	Obtención de muestras de viruta	Una vez culminado el mecanizado se retira el herramienta y se obtiene una viruta fina casi en estado de polvo.	




Fuente: Autor.

2.4.3.3. Proceso de ranurado del material compuesto de matriz de resina poliéster

Tabla 2-11. Proceso de ranurado (matriz de resina poliéster)

Ítem	Actividad	Descripción	Observación
1	Colocación del herramienta	Se coloca el herramienta en el portaherramientas, la primera fresa utilizada para el ranurado es la 103 S (Super Acabado "Plexiglas"),	

2	Fijación de la probeta	Con ayuda de las tablas utilizadas para realizar el curado, se fija la probeta en la máquina para realizar el mecanizado	
3	Encerado de la maquina	Se traza el punto cero en la probeta, y con ayuda del herramental se encera en los ejes x, y, z.	
4	Verificación del código	Se ingresa el código para el mecanizado y se verifica para evitar contratiempos o daños, tanto al material compuesto como a la máquina.	
5	Ranurado del material compuesto	Comienza el ranurado de 13 ensayos y 13 réplicas con la fresa 103 S con variaciones en velocidad de corte y velocidad de avance como se especifica en 2.4.1	
6	Limpieza de la viruta	Al culminar las ranuras con la herramienta 103 S, se debe eliminar la viruta producida al realizar este mecanizado, evitando así posibles problemas al utilizar el siguiente herramental.	
7	Obtención de muestras de viruta	Se retira la herramienta 103S, y se obtiene como muestra una viruta en forma de láminas cortas.	

8	Cambio de herramental	Luego de haber terminado el mecanizado con la primera fresa, se cambia de herramental a la fresa 107 M (Dentado diamante con corte frontal) y se procede con la programación.	
9	Ranurado con el siguiente herramental	Se realiza el ranurado de 13 ensayos y 13 réplicas con la herramienta 107 M con variaciones en velocidad de corte y velocidad de avance como se especifica en 2.4.1.	
10	Obtención de muestras de viruta	Una vez culminado el mecanizado se retira el herramental y se obtiene una viruta fina y corta, casi en estado de polvo.	

Fuente: Autor.

Luego de haber realizado el ranurado de los dos materiales compuestos como se muestra en la figura 2-3, las probetas fueron preparadas para medir delaminación de entrada, delaminación de salida y rugosidad.



Figura 2-3. Probetas mecanizadas.

Fuente: Autor.

2.4.3.4. Método de ensayo UV

El ensayo de degradación UV se lo realizó en la Escuela Politécnica Nacional, Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros (CIAP), utilizando una cámara de arco de xenón para simular el ataque de la radiación UV, en tiempos de exposición de 50, 100 y 150 horas de acuerdo a la norma ASTM G155-13 (“Standar Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus of Exposure of Non-Metallic Materials”).



Figura 2-4. Cámara de arco de xenón Q-SUN.

Fuente: Autor.

En la figura 2-4 se puede observar la cámara de arco de xenón utilizada y las probetas a ser expuestas a radiación UV.

Se siguió el procedimiento estipulado en la norma ASTM G155-13 con las siguientes condiciones.

- Longitud de onda 340 nm
- Radiación: 0.35 W/m^2
- Temperatura: $60 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$
- Energía de exposición: $\sim 2.0 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{h}$

Después de haber realizado el ensayo de degradación UV para poder analizar los datos obtenidos se efectuará el ensayo de tracción a todas las probetas. Con esto se

conseguirá comparar la resistencia del material sin exposición con la resistencia que obtuvo el material después de haber sido expuesto.

2.4.3.5. Método de ensayo de tracción

El ensayo de tracción se lo realizó en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, bajo las normas ASTM/D 3039/D 3039M método de prueba estándar para propiedades de tracción de los materiales compuestos de matriz de polímero.

Todas las probetas cumplen con los criterios dimensionales y son ensayadas en la máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50KN modelo MTE 50 serie 8210M002 a una velocidad de ensayo de 10 mm/min.

2.4.4. Mediciones

2.4.4.1. Mediciones de Delaminación de entrada y salida

Para la medición del factor de delaminación tanto de entrada como de salida, se utilizó un microscopio digital USB 1000x Figura 2-5 conectado a un ordenador para capturar las imágenes necesarias.



Figura 2-5. Microscopio digital 1000x [31].

Antes de realizar las mediciones con el microscopio se debe calibrar el mismo, para esto se utiliza la galga de calibración facilitada por el fabricante, figura 2-6.

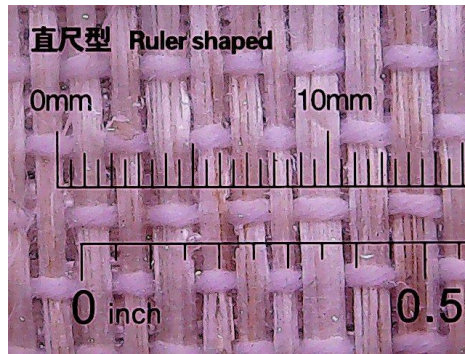


Figura 2-6. Calibración del microscopio (Autor)

Fuente: Autor.

De cada probeta mecanizada se va a medir una longitud efectiva de 20 mm señalada en la figura 2-7, esto se realizará en todas las ranuras mecanizadas de la probeta, tanto en ensayos como en replicas.

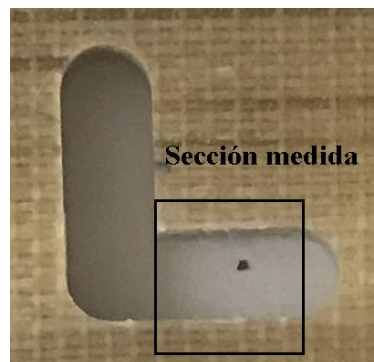


Figura 2-7. Sección medida por el microscopio.

Fuente: Autor.

Obtenidas las medidas de los ranurados antes realizados se aplica la ecuación de 1.3.8. para poder obtener el factor de Delaminación. El proceso se lo repite para la medición de delaminación de salida, tomando en cuenta que esta medición se lo realizara en la parte posterior del ranurado.

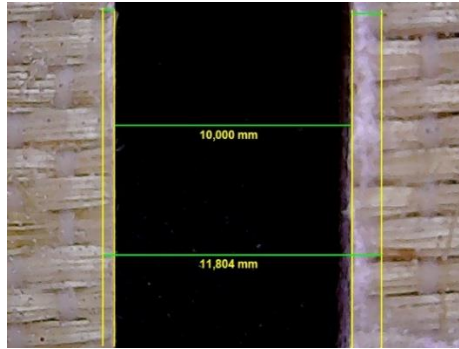


Figura 2-8. Toma de medidas.

Fuente: Autor.

2.4.4.2. Medición de rugosidad.

El proceso de medición de rugosidad se lo realizó en el Centro de Transferencia y Tecnología de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, proceso de medida bajo normas ISO 4287-1997, ISO 3274 y ISO 5436-1

El proceso fue realizado bajo las siguientes condiciones:

- Temperatura: 20 °C
- Ángulo de la pendiente del cono: 60°
- Fuerza de medición estática: 0.75 mN
- Radio de la punta: 2 μm

El equipo utilizado para la medición de rugosidad es un rugosímetro digital MITUTOYO SurfTest SJ-210 figura 2-8.



Figura 2-9. Rugosímetro digital MYTUTOYO.

Fuente: Autor.

Se coloca la probeta a 90° para realizar las mediciones, tanto en la probeta de matriz poliéster como epoxi, se obtiene 4 medidas de cada sección útil del ranurado, terminado el proceso, se obtiene el promedio de rugosidad en cada ensayo y replica.



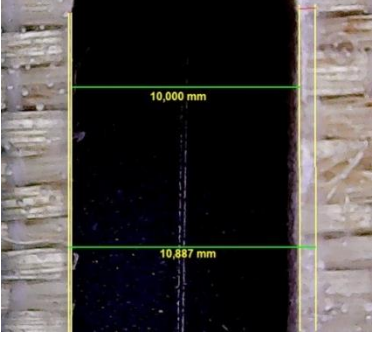
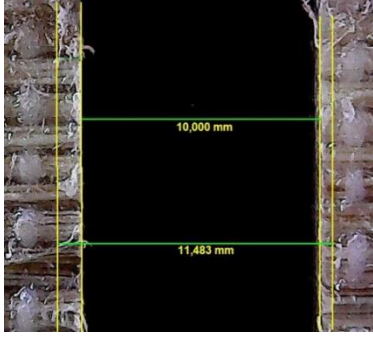
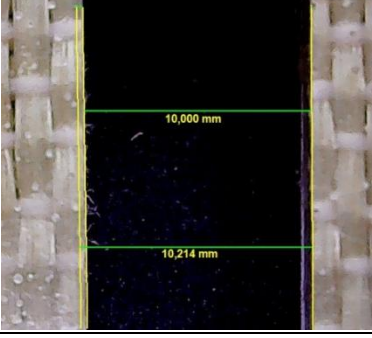
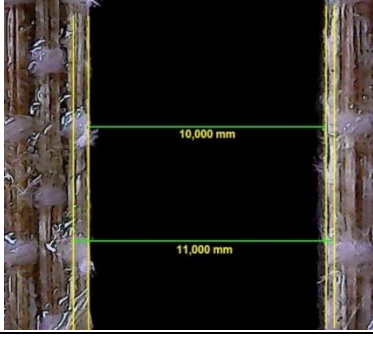


Figura 2-10. Medición de rugosidad.

Fuente: Autor.

CAPÍTULO III

3.1. Fichas de recolección de datos de delaminación y rugosidad.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO “UTA” Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica “FICM” 				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS				
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)	
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	A	
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Mecanizado				
Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos			
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm	
Velocidad de corte:	25.13 m/min	800 rpm	Avance: 0.080 mm/rev	
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)			
Medición de la Rugosidad				
Rugosidad (Ra) μm	A 1.1		A 2.1	
	1.264	2.671	1.407	1.989
	2.16	2.547	1.641	1.298
Promedio:	2.1605		1.5838	
Medición de la Delaminación				
Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio	
A 1.1			Fde 1.055	
A 2.1			Fds 1.124	

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA****FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS****DATOS INFORMATIVOS**

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	A
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	75.4 m/min	2400 rpm	Avance: 0.080 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	A 1.2		A 2.2	
		1.63	2.671	1.2560
	3.148	1.7030	1.555	2.4010
Promedio:	2.1075		1.7043	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
A 1.2			Fde 1.099
A 2.2			Fds 1.117



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	A
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	25.13 m/min	800 rpm	Avance: 0.120 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	A 1.3		A 2.3	
		0.689	1.483	2.079
	1.309	1.9390	1.28	2.437
Promedio:	1.355		2.0028	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
A 1.3			Fde 1.158
A 2.3			Fds 1.096

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA****FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS****DATOS INFORMATIVOS**

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	A
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	75.4 m/min	2400 rpm	Avance: 0.120 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	A 1.4		A 2.4	
	2.39	1.9470	1.4850	1.857
	2.222	1.6	2.273	1.9070
Promedio:	2.0398		1.8805	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
A 1.4			Fde 1.057
A 2.4			Fds 1.102



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	A
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	14.72 m/min	468.63 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	A 1.5		A 2.5	
	1.3410	3.354	1.686	2.9340
	2.554	2.096	2.135	2.1040
Promedio:	2.3363		2.2148	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
A 1.5			Fde 1.084
A 2.5			Fds 1.160

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA****FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS****DATOS INFORMATIVOS**

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	A
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	85.81 m/min	2731.37 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	A 1.6		A 2.6	
		2.083	2.799	1.426
	2.216	1.716	1.6380	2.243
Promedio:	2.2035		1.7378	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
A 1.6			Fde 1.037
A 2.6			Fds 1.182



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	A
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.072 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	A 1.7		A 2.7	
	1.865	4.125	2.043	1.821
	3.661	3.278	1.936	2.169
Promedio:	3.2323		1.9923	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
A 1.7			Fde 1.121
A 2.7			Fds 1.154



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	A
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.128 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	A 1.8		A 2.8	
	2.138	2.384	2.913	1.495
	2.359	3.007	2.426	2.29
Promedio:	2.472		2.281	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
A 1.8			Fde 1.067
A 2.8			Fds 1.120



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	A
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	A 1.9		A 2.9	
	2.594	2.087	3.366	1.917
	2.586	2.103	2.048	1.659
Promedio:	2.3425		2.2475	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
A 1.9			Fde 1.057
A 2.9			Fds 1.125

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA****FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS****DATOS INFORMATIVOS**

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	A
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	A 1.10		A 2.10	
		2.572	1.028	1.346
	2.269	1.232	1.81	2.515
Promedio:	1.7753		1.9475	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
A 1.10			Fde 1.104
A 2.10			Fds 1.117



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	A
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	A 1.11		A 2.11	
	1.137	1.794	2.009	2.928
	2.392	2.331	2.585	2.562
Promedio:	1.9135		2.521	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
A 1.11			Fde 1.066
A 2.11			Fds 1.117



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	A
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	A 1.12		A 2.12	
	1.38	1.874	2.246	2.424
	1.979	1.955	1.327	2.654
Promedio:	1.797		2.1628	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
A 1.12			Fde 1.101
A 2.12			Fds 1.150



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	A
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		



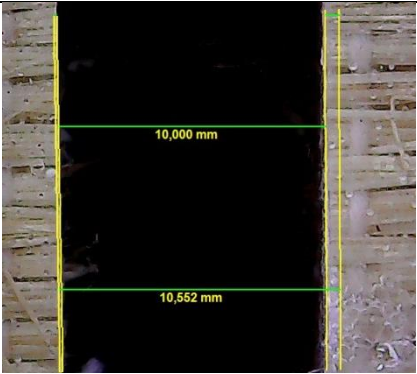
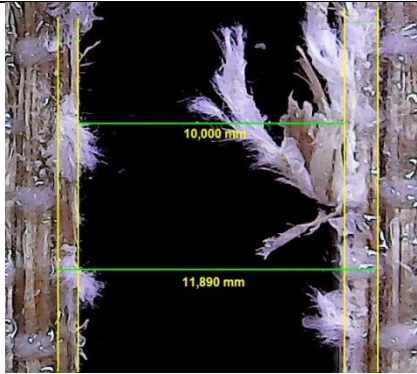
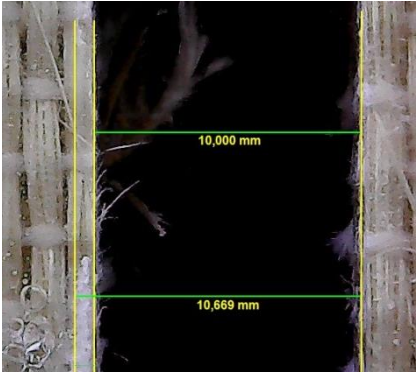
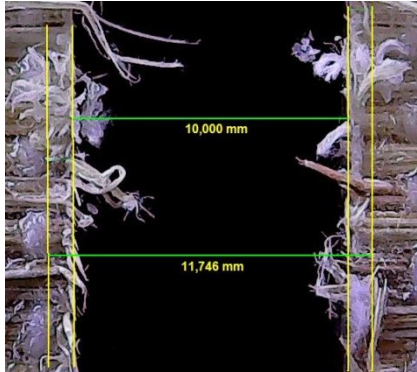
Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	A 1.13		A 2.13	
	4.749	5.32	5.02	3.024
	2.005	3.255	1.851	1.934
Promedio:	3.8323		2.9573	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
A 1.13			Fde 1.093
A 2.13			Fds 1.120

Resina Epoxi Fresa 107-M

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO “UTA” Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica “FICM”			
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)		
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	B		
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez		
Parámetros de Mecanizado					
Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos				
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm		
Velocidad de corte:	25.13 m/min	800 rpm	Avance:	0.080 mm/rev	
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)				
Medición de la Rugosidad					
Rugosidad (Ra) µm	B 1.1		B 2.1		
	5.389	5.438	2.848	2.553	
	5.873	4.873	3.094	2.157	
Promedio:	5.3933		2.663		
Medición de la Delaminación					
Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)		Delaminación SALIDA (Fds)		Promedio
B 1.1					Fde 1.061
B 2.1					Fds 1.182



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	B
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	75.4 m/min	2400 rpm	Avance: 0.080 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	B 1.2		B 2.2	
	5.639	4.416	5.602	4.285
	4.562	5.028	4.623	3.727
Promedio:	4.9113		4.5593	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
B 1.2			Fde 1.022
B 2.2			Fds 1.353



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	B
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	25.13 m/min	800 rpm	Avance: 0.120 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	B 1.3		B 2.3	
	5.003	6.585	3.345	6.963
	6.609	6.161	3.534	3.289
Promedio:	6.0895		4.2828	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
B 1.3			Fde 1.052
B 2.3			Fds 1.327



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	B
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

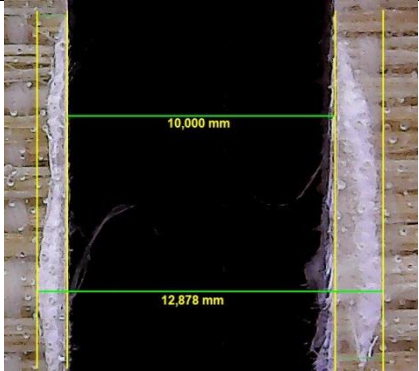
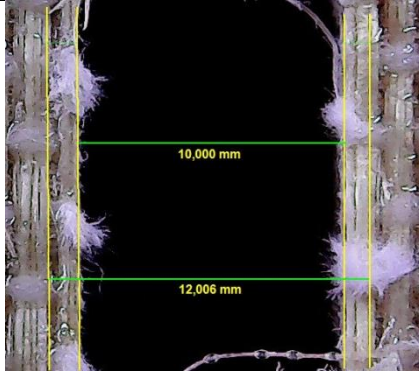
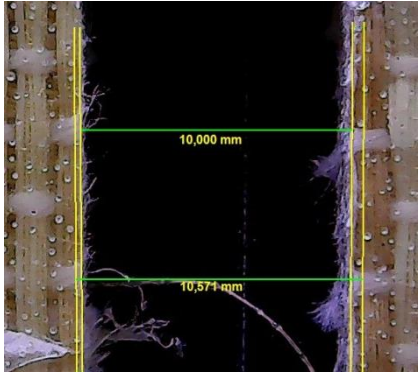
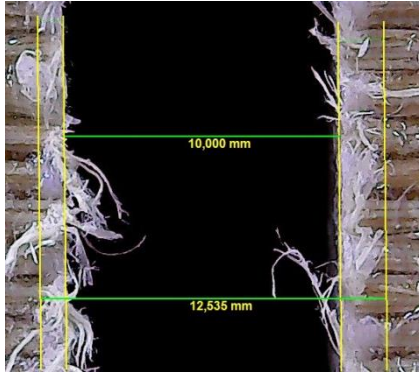
Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	75.4 m/min	2400 rpm	Avance: 0.120 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	B 1.4		B 2.4	
	3.543	5.171	4.71	4.276
	5.063	5.873	4.547	4.36
Promedio:	4.9125		4.4733	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
B 1.4			Fde 1.172
B 2.4			Fds 1.227



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	B
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	14.72 m/min	468.63 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	B 1.5		B 2.5	
		2.942	2.936	2.747
	3.809	2.845	2.059	3.275
Promedio:	3.133		2.8278	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
B 1.5			Fde 1.043
B 2.5			Fds 1.293



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	B
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	85.81m/min	2731.37 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	B 1.6		B 2.6	
	5.554	5.519	2.969	4.521
	5.744	5.951	2.538	3.197
Promedio:	5.692		3.3063	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
B 1.6			Fde 1.033
B 2.6			Fds 1.259



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	B
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.072 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	B 1.7		B 2.7	
	4.487	5.614	3.799	3.996
	5.453	5.376	4.562	3.776
Promedio:	5.2325		4.0333	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
B 1.7			Fde 1.030
B 2.7			Fds 1.238



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	B
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.128 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	B 1.8		B 2.8	
	4.189	4.245	4.385	3.654
	4.149	3.888	3.358	3.239
Promedio:	4.1178		3.659	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
B 1.8			Fde 1.036
B 2.8			Fds 1.286



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	B
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	B 1.9		B 2.9	
		5.685	4.089	4.01
	6.209	2.094	5.921	3.555
Promedio:	4.5193		4.832	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
B 1.9			Fde 1.015
B 2.9			Fds 1.239



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	B
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	B 1.10		B 2.10	
		5.502	4.824	4.142
	5.643	5.82	4.821	4.504
Promedio:	5.4473		4.4868	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
B 1.10			Fde 1.046
B 2.10			Fds 1.223



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	B
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	B 1.11		B 2.11	
	5.681	6.745	3.975	3.824
	4.935	5.765	4.706	3.105
Promedio:	5.7815		3.9025	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
B 1.11			Fde 1.029
B 2.11			Fds 1.215



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	B
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	B 1.12		B 2.12	
	4.496	5.712	3.958	5.77
	5.521	5.224	4.348	4.236
Promedio:	5.2383		4.578	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
B 1.12			Fde 1.029
B 2.12			Fds 1.396



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	B
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		



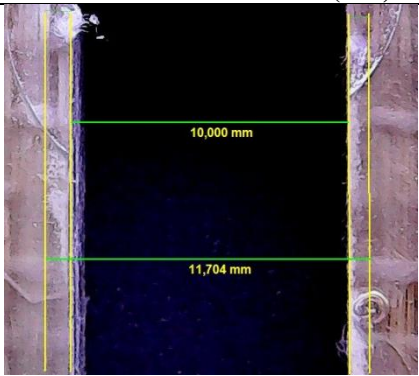
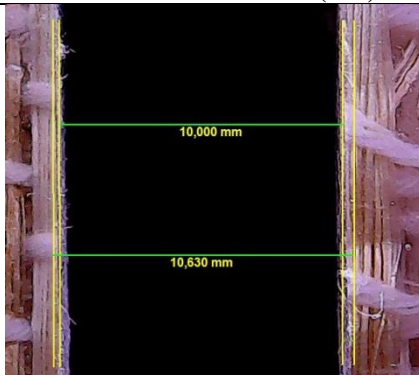
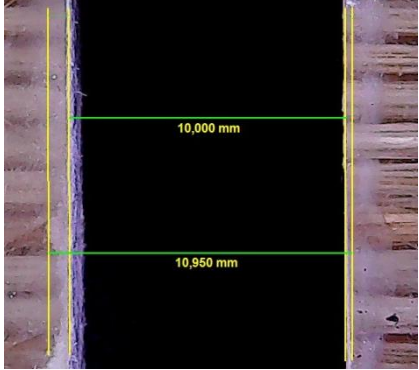
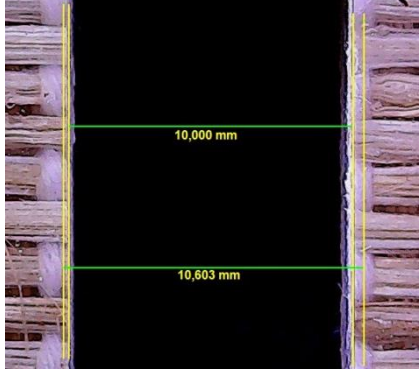
Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	B 1.13		B 2.13	
	3.31	4.622	5.042	4.051
	4.684	3.965	4.989	4.644
Promedio:	4.1453		4.6815	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
B 1.13			Fde 1.015
B 2.13			Fds 1.283

Resina Poliéster 103-S

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO “UTA” Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica “FICM”			
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)		
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	C		
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez		
Parámetros de Mecanizado					
Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos				
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm		
Velocidad de corte:	25.13 m/min	800 rpm	Avance:	0.080 mm/rev	
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)				
Medición de la Rugosidad					
Rugosidad (Ra) µm	C 1.1		C 2.1		
	3.088	2.565	2.624	2.667	
	2.704	2.738	3.2190	2.957	
Promedio:	2.7738		2.8668		
Medición de la Delaminación					
Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)		Delaminación SALIDA (Fds)		Promedio
C 1.1					Fde 1.133
C 2.1					Fds 1.062



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	C
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	75.4 m/min	2400 rpm	Avance: 0.080 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	C 1.2		C 2.2	
	1.779	3.113	2.173	4.282
	3.91	2.688	2.406	4.171
Promedio:	2.8725		3.258	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
C 1.2			Fde 1.156
C 2.2			Fds 1.077



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	C
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	25.13 m/min	800 rpm	Avance: 0.120 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	C 1.3		C 2.3	
	3.127	1.743	1.196	4.3
	2.219	2.121	1.949	7.235
Promedio:	2.3025		3.67	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
C 1.3			Fde 1.080
C 2.3			Fds 1.119

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA****FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS****DATOS INFORMATIVOS**

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	C
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	75.4 m/min	2400 rpm	Avance: 0.120 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	C 1.4		C 2.4	
		2.912	1.8	2.059
	3.48	1.755	2.183	3.775
Promedio:	2.4868		2.6213	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
C 1.4			Fde 1.034
C 2.4			Fds 1.096



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	C
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	14.72 m/min	468.63 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	C 1.5		C 2.5	
	3.4	3.029	3.335	3.346
	2.728	2.072	3.664	2.832
Promedio:	2.8073		3.2943	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
C 1.5			Fde 1.111
C 2.5			Fds 1.112



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	C
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	85.81 m/min	2731.37 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	C 1.6		C 2.6	
	2.772	3.094	4.164	4.756
	3.203	3.057	1.963	1.943
Promedio:	3.0315		3.2065	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
C 1.6			Fde 1.021
C 2.6			Fds 1.105

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA****FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS****DATOS INFORMATIVOS**

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	C
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.072 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) um	C 1.7		C 2.7	
		2.624	2.266	2.363
	2.926	2.096	2.153	3.515
Promedio:	2.478		2.751	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
C 1.7			Fde 1.018
C 2.7			Fds 1.125



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	C
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.128 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	C 1.8		C 2.8	
	3.112	3.333	1.456	2.102
	1.885	1.415	1.254	2.107
Promedio:	2.4363		1.7298	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
C 1.8			Fde 1.028
C 2.8			Fds 1.090



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	C
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	C 1.9		C 2.9	
		2.755	1.771	1.086
	2.754	2.635	2.441	3.056
Promedio:	2.4788		2.4398	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
C 1.9			Fde 1.089
C 2.9			Fds 1.081



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	C
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	C 1.10		C 2.10	
	3.208	2.029	3.32	3.713
	2.58	2.071	1.918	3.664
Promedio:	2.472		3.1538	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
C 1.10			Fde 1.101
C 2.10			Fds 1.075



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	C
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	C 1.11		C 2.11	
		3.181	1.228	2.443
	3.572	1.696	2.008	2.916
Promedio:	2.4193		2.4343	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
C 1.11			Fde 1.102
C 2.11			Fds 1.099



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	C
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	C 1.12		C 2.12	
	2.783	1.916	1.957	2.57
	3.633	2.692	2.433	3.225
Promedio:	2.756		2.5463	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)		Delaminación SALIDA (Fds)		Promedio
C 1.12					Fde 1.035
C 2.12					Fds 1.085



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	C
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado



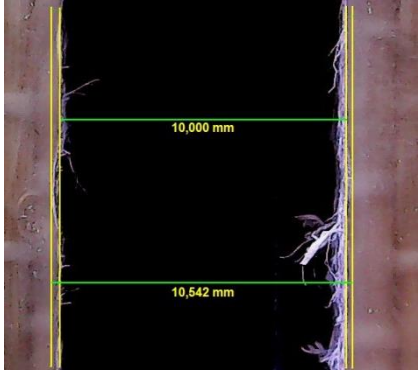
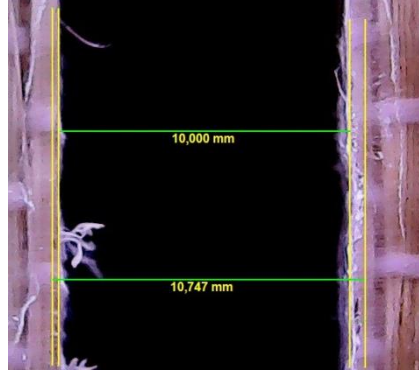
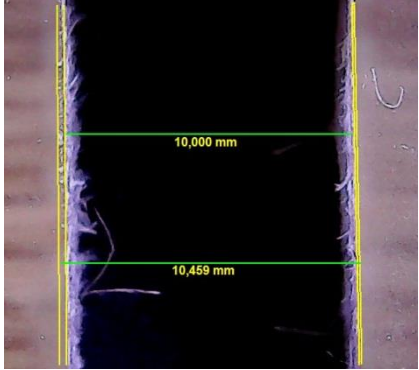
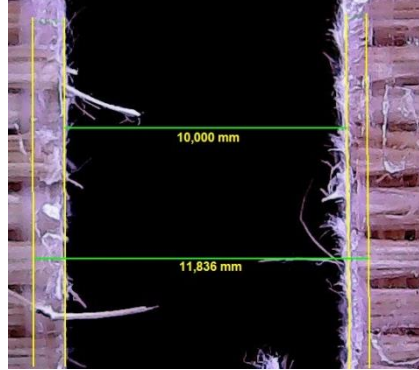
Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 103 S	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	C 1.13		C 2.13	
	1.829	2.353	2.555	3.513
	2.779	2.689	1.665	2.415
Promedio:	2.4125		2.537	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
C 1.13			Fde 1.035
C 2.13			Fds 1.084

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
		“UTA” Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica “FICM”		
				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS				
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)	
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	D	
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Mecanizado				
Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos			
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm	
Velocidad de corte:	25.13 m/min	800 rpm	Avance: 0.080 mm/rev	
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)			
Medición de la Rugosidad				
Rugosidad (Ra) μm	D 1.1		D 2.1	
	6.589	9.115	6.96	5.776
	5.647	10.328	4.532	5.731
Promedio:	7.9198		5.7498	
Medición de la Delaminación				
Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)		Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
D 1.1				Fde 1.050
D 2.1				Fds 1.129



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	D
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	75.4 m/min	2400 rpm	Avance: 0.080 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	D 1.2		D 2.2	
	4.342	3.387	4.332	5.962
	4.567	6.463	4.948	5.863
Promedio:	4.6898		5.2763	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
D 1.2			Fde 1.037
D 2.2			Fds 1.143



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	D
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	25.13 m/min	800 rpm	Avance: 0.120 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	D 1.3		D 2.3	
		4.593	6.883	7.382
	5.658	7.866	3.46	5.447
Promedio:	6.25		5.3665	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
D 1.3			Fde 1.011
D 2.3			Fds 1.096



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	D
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	75.4 m/min	2400 rpm	Avance: 0.120 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	D 1.4		D 2.4	
	5.946	4.598	2.005	5.467
	5.413	5.343	4.188	4.258
Promedio:	5.325		3.9795	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
D 1.4			Fde 1.023
D 2.4			Fds 1.029



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	D
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	14.72 m/min	468.63 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	D 1.5		D 2.5	
	3.785	3.115	6.767	6.51
	6.815	4.776	4.338	3.857
Promedio:	4.6228		5.368	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
D 1.5			Fde 1.032
D 2.5			Fds 1.223



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	D
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

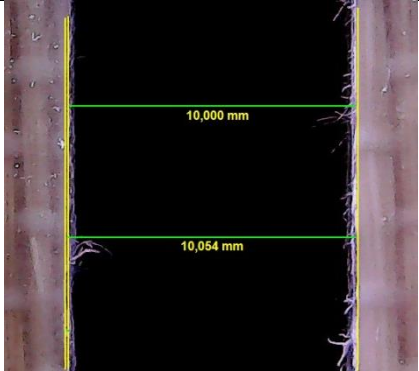
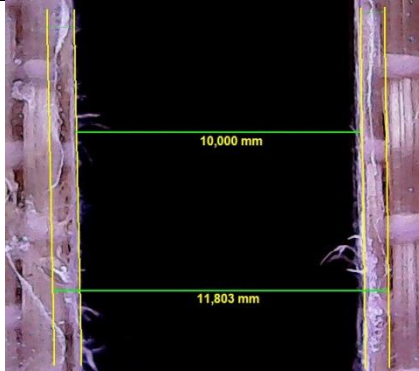

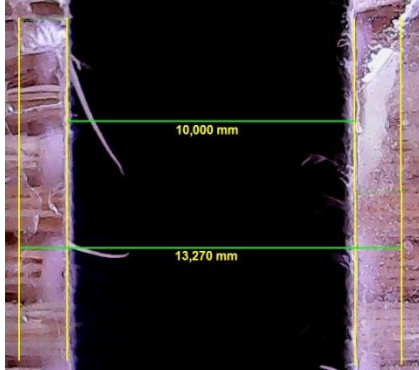
Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	85.81 m/min	2731.37 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	D 1.6		D 2.6	
		3.959	2.489	4.563
	5.972	2.484	4.456	6.249
Promedio:	3.726		5.3093	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
D 1.6			Fde 1.020
D 2.6			Fds 1.254



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	D
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.072 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	D 1.7		D 2.7	
	4.322	5.768	6.154	3.772
	6.743	6.183	5.699	6.125
Promedio:	5.754		5.4375	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
D 1.7			Fde 1.020
D 2.7			Fds 1.139



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	D
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.128 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	D 1.8		D 2.8	
		5.351	4.962	3.879
	3.895	5.242	3.252	4.615
Promedio:	4.8625		4.124	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
D 1.8			Fde 1.021
D 2.8			Fds 1.047



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	D
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

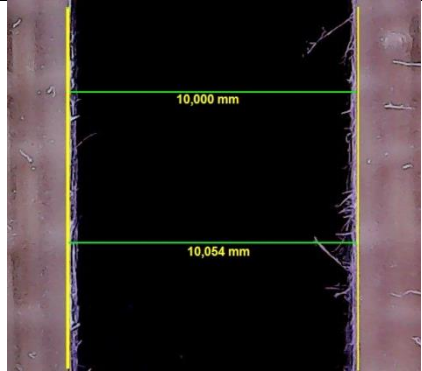
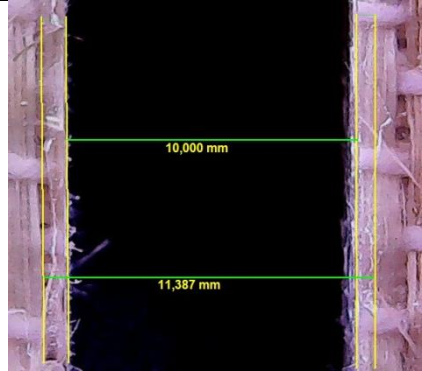
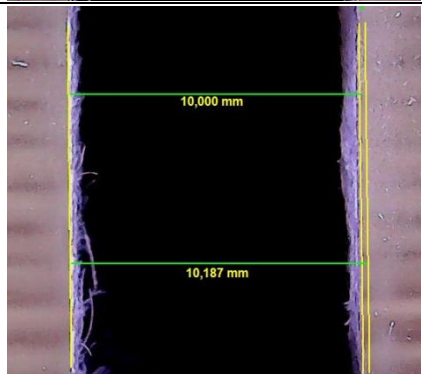
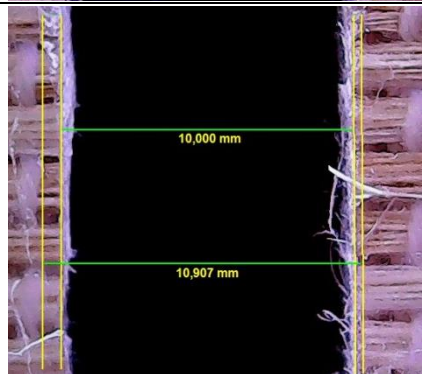
Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	D 1.9		D 2.9	
	3.444	8.242	5.442	4.627
4.246	8.992	5.942	5.229	
Promedio:	6.231		5.31	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
D 1.9			Fde 1.012
D 2.9			Fds 1.115



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	D
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	D 1.10		D 2.10	
		4.315	9.573	3.111
	3.969	9.774	2.459	3.188
Promedio:	6.9078		3.1693	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
D 1.10			Fde 1.005
D 2.10			Fds 1.065



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	D
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	D 1.11		D 2.11	
	5.537	3.983	4.924	3.582
	4.392	2.911	5.618	5.032
Promedio:	4.2058		4.789	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
D 1.11			Fde 1.023
D 2.11			Fds 1.139



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	D
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	D 1.12		D 2.12	
	2.171	5.572	5.779	4.932
	2.578	6.458	6.093	5.859
Promedio:	4.1948		5.6658	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
D 1.12			Fde 1.013
D 2.12			Fds 1.085



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

“UTA”

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
“FICM”



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Datos: Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra)
Fecha de ejecución:	27-12-2018	Ítem:	D
Realizado por:	Walter Flores	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez

Parámetros de Mecanizado

Tipo de mecanizado:	Ranurado de materiales compuestos		
Tipo de herramienta:	Fresa 107 M	Diámetro:	10 mm
Velocidad de corte:	50.27 m/min	1600 rpm	Avance: 0.100 mm/rev
Material:	Composite de Matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá tejida (7 capas de tejido)		

Medición de la Rugosidad

Rugosidad (Ra) μm	D 1.13		D 2.13	
	4.852	10.678	5.884	4.971
	5.964	7.309	5.478	6.347
Promedio:	7.2008		5.67	

Medición de la Delaminación

Probeta	Delaminación ENTRADA (Fde)	Delaminación SALIDA (Fds)	Promedio
D 1.13			Fde 1.009
D 2.13			Fds 1.075

3.2. Análisis y discusión de los resultados

3.3. Análisis del factor de delaminación de entrada

3.3.1. Aplicación de la metodología de superficie de respuesta

Involucrando todos los términos que se pueden analizar al considerar los cuatro factores planteados, se general de manera inicial un modelo completo de segundo orden; con este modelo se revisa el cumplimiento de los supuestos y la influencia de cada término para reconocer los que intervengan significativamente en el factor de delaminación de entrada.

En la figura 3-1, se revisa el diagrama de Pareto para de los efectos estandarizados, donde se conoce la influencia de cada término, con esto, se puede descartar términos que no aporten a la delaminación de entrada.

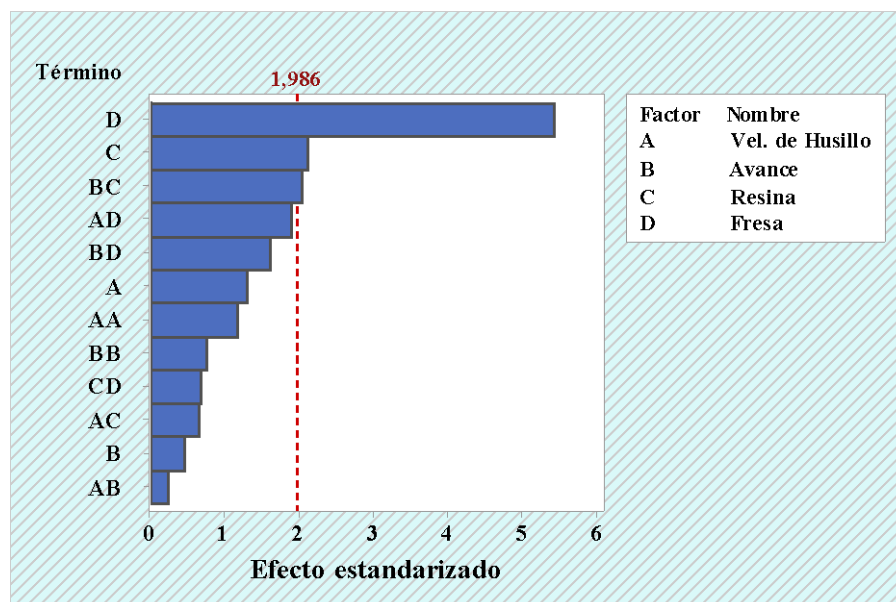


Figura 3-1. Diagrama de Pareto de los efectos para el factor de delaminación de entrada.

Fuente: Autor.

Hay que recalcar que el efecto de la interacción entre la velocidad de husillo con el tipo de fresa, se lo considera significativamente importante, aunque esté cerca de ser estadísticamente significativo. También se resalta que no existe influencia de algún término cuadrático, por lo que se asegura que el modelo final a analizar sería un modelo de primer orden.

Para la verificación de los supuestos de: normalidad de los datos, igualdad de varianza e independencia de residuos; se revisan las gráficas de los residuos del factor de delaminación de entrada, estas se disponen en la figura 3-2.

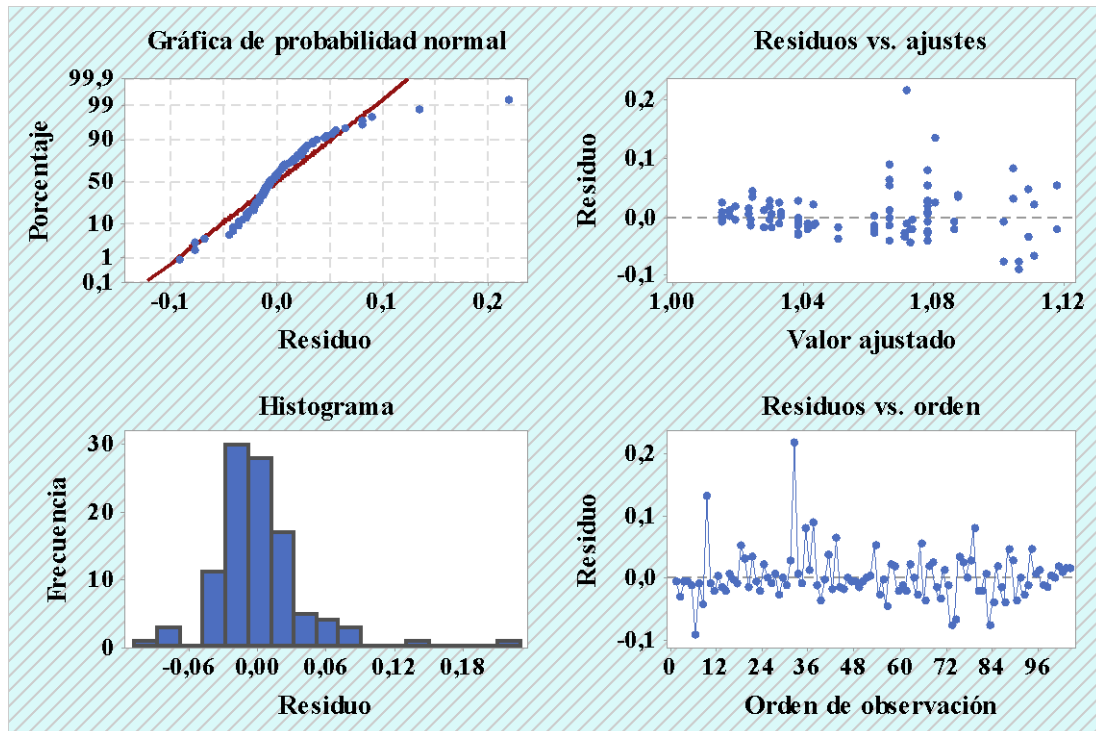


Figura 3-2. Gráficas de residuos del factor de delaminación de entrada.

Fuente: Autor.

En la figura 3-2; para verificar el supuesto de normalidad, se examina la gráfica de probabilidad normal de los residuos, en donde existe la presencia de puntos que se alejan de manera considerable de la línea recta, marcando un patrón no normal; adicional se revisa el histograma de residuos que corrobora la presencia de puntos atípicos.

También se visualiza la gráfica de residuos versus ajustes, la cual se revisa para verificar la igualdad de varianza, en esta se logra identificar una distribución constante a lo largo de la línea horizontal, sin embargo, hay que marcar que existen puntos atípicos, que no se deben confundir con el incumplimiento del supuesto.

Además, se analiza la gráfica de residuos versus orden, en la que los puntos en esta gráfica no presentan algún patrón, demostrando la independencia de datos. Con estos análisis, se halla la necesidad de transformar los datos, debido al incumplimiento del supuesto de normalidad de datos, tras la transformación y la eliminación de los

términos no significativos se genera un modelo final que explique de manera adecuada la relación entre los factores y el factor de delaminación de entrada.

Es así que inicialmente se revisa el cumplimiento de los supuestos en los datos transformados, en la figura 3-3 se revisan nuevamente los residuos, haciendo énfasis en la gráfica de probabilidad normal, entendiéndose en esta que, los residuos de los datos transformados no se alejan de la línea recta, salvo los puntos atípicos, los cuales son irrelevantes; con todo esto, se asegura el cumplimiento del supuesto de normalidad en los datos.

En las gráficas de residuos versus ajustes y de residuos versus orden, los residuos de los datos transformados presentan iguales características que los residuos de los datos originales, por lo que los otros dos supuestos se respetan de igual manera.

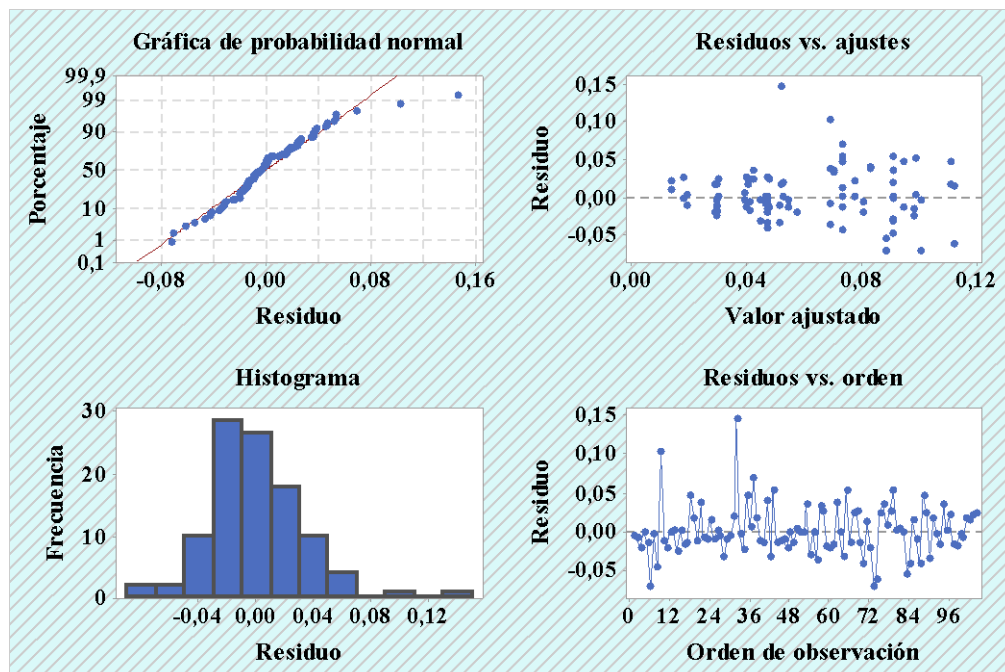


Figura 3-3. Gráficas de residuos del factor de delaminación de entrada transformado.

Fuente: Autor.

Con el modelo depurado, se efectúa un nuevo análisis empezando por el ANOVA, este se describe en la tabla 3-1; aquí se concluye de manera global que existen diferencias significativas entre las medias globales poblacionales de cada tratamiento, mediante el contraste en el modelo de las significancias calculada y predefinida teniendo valores

de 0,000 y 0,05. Se entiende que el modelo explica el 39.09% de la variabilidad del factor de delaminación de entrada.

Tabla 3-1. ANOVA del factor de delaminación de entrada.

Fuente de Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor-p
Modelo	6	0,06966	0,01161	10,38	0,000
Velocidad de husillo	1	0,00390	0,00390	3,49	0,065
Avance	1	0,00050	0,00050	0,44	0,507
Resina	1	0,00813	0,00813	7,26	0,008
Fresa	1	0,04946	0,04946	44,20	0,000
Vel. corte * Fresa	1	0,00346	0,00346	3,09	0,082
Vel. avance * Resina	1	0,00422	0,00422	3,77	0,055
Falta de ajuste	29	0,05725	0,00197	2,62	0,001
Error puro	68	0,05129	0,00075		
Total	103	0,17280			

Fuente: Autor.

Complementando el ANOVA y recurriendo a medios gráficos para interpretar de mejor manera lo que ocurre con los datos, se revisa inicialmente el diagrama de Pareto de los efectos en la figura 3-4, aquí se visualizan los términos que tienen y lo que no, efectos significativos en el factor de delaminación de entrada. Los efectos de: la velocidad de husillo con el tipo de fresa, la velocidad de husillo y el avance con el tipo de resina; de acuerdo al criterio del investigador se consideran esenciales por estar cerca de ser estadísticamente significativos.

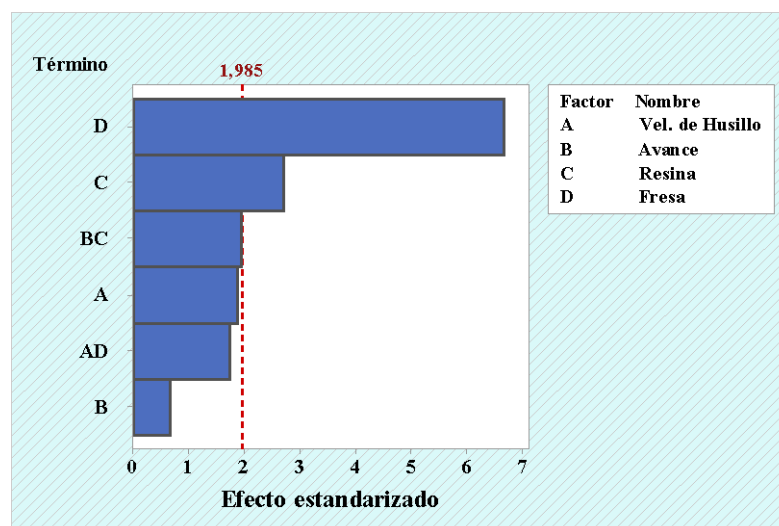


Figura 3-4. Diagrama de Pareto de los efectos relevantes del factor de delaminación de entrada.

Fuente: Autor.

Reforzando la información del diagrama de Pareto, se revisa la figura 3-5, en la que el factor de delaminación aumenta cuando sube el nivel en la interacción entre el avance con el tipo de resina, el tipo de fresa y el tipo de resina. Opuesto a lo mencionado el factor de delaminación de entrada disminuye cuando sube el nivel de la velocidad de husillo y la interacción entre el tipo de fresa con la velocidad de husillo, según se muestra en la gráfica de probabilidad normal de los efectos.

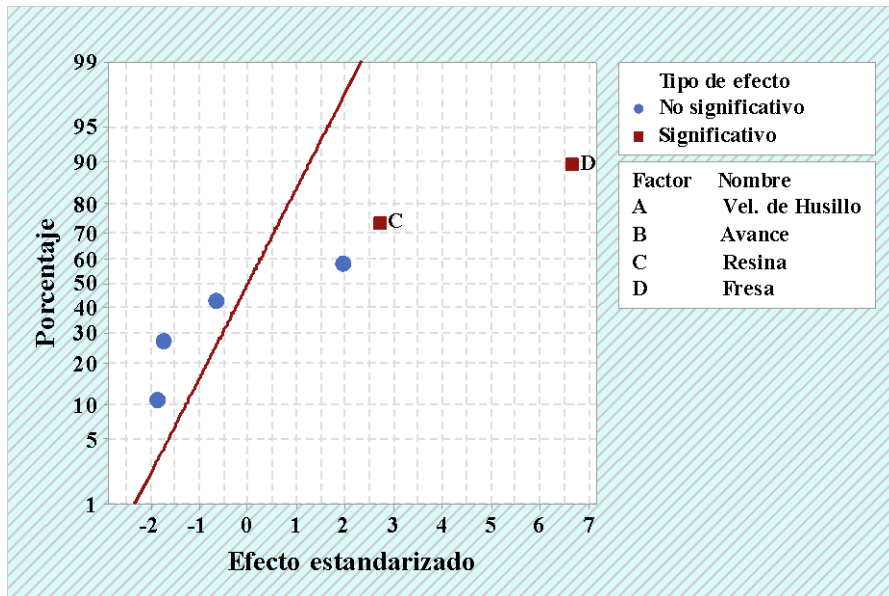


Figura 3-5. Gráfica de probabilidad normal del factor de delaminación de entrada.

Fuente: Autor.

Estudiando la figura 3-4 y la figura 3-5, se visualizan por separado los efectos principales y los efectos de interacción, respectivamente. En la figura 3-6 se halla el marcado efecto no significativo del avance, entendiendo que gráficamente un efecto es significativo cuando su línea presenta una pendiente pronunciada.

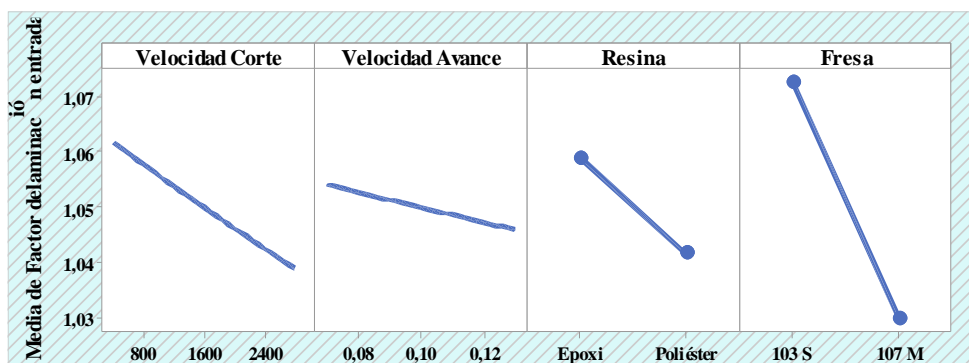


Figura 3-6. Gráfica de efectos principales del factor de delaminación de entrada.

Fuente: Autor.

Asimismo, en la figura 3-7, existe una notable diferencia entre las pendientes de las líneas en la misma grafica de interacción, lo que produce gráficamente un efecto significativo, estadísticamente los efectos de interacción del avance con el tipo de resina y el tipo de fresa con la velocidad de husillo son significativos.

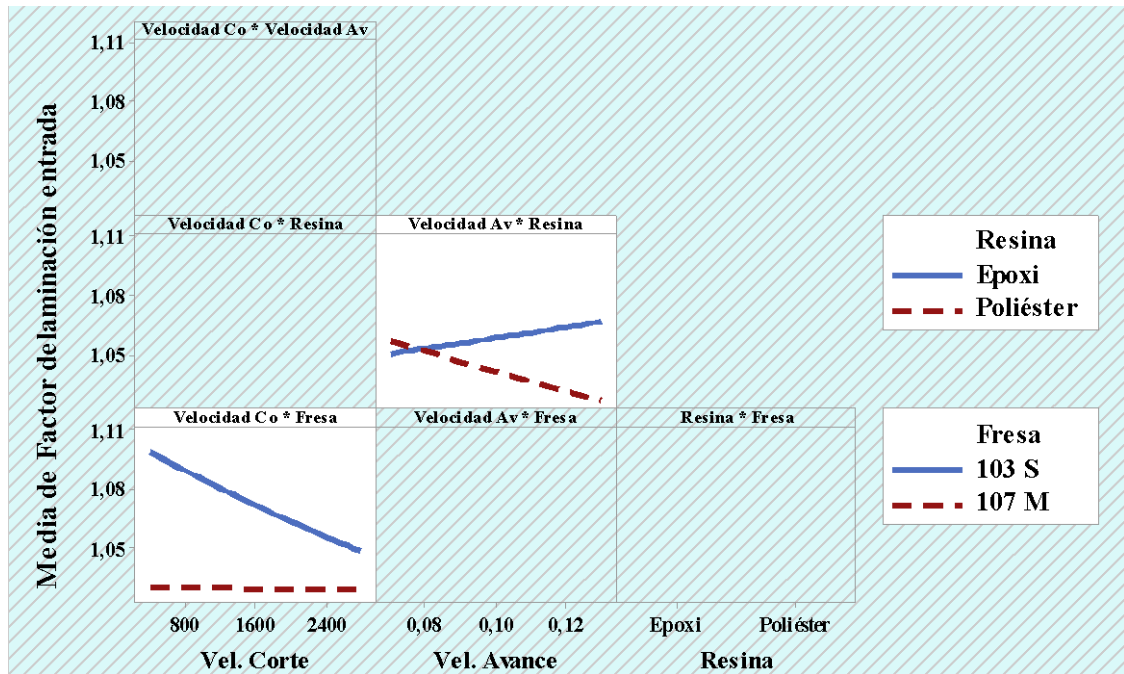


Figura 3-7. Gráfica de interacciones del factor de delaminación de entrada.

Fuente: Autor.

Complementando el análisis realizado, se presenta las gráficas de superficie generadas por las ecuaciones de regresión del modelo del ANOVA, al involucrar los factores categóricos se obtienen 4 ecuaciones de regresión.

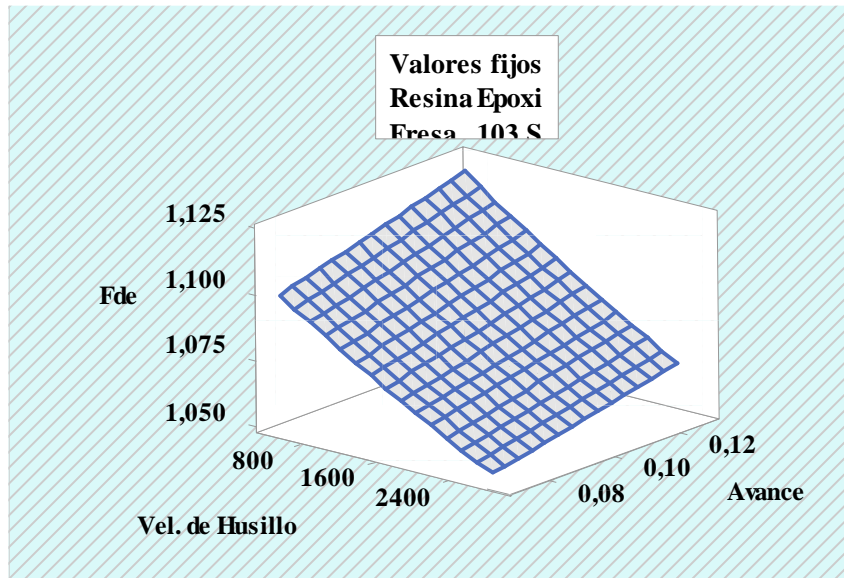


Figura 3-8. Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, avance; para resina Epoxi y la herramienta 103 S.

Fuente: Autor.

Representando en la figura 3-8, los valores que, en función del avance y velocidad de husillo, así como el uso de la herramienta 103 S y una matriz de resina Epoxi, adquiere el factor de delaminación de entrada. En la misma se observa que al combinar altas velocidades de husillo y bajos avances, se obtiene un punto en donde el factor de delaminación de entrada es el más bajo.

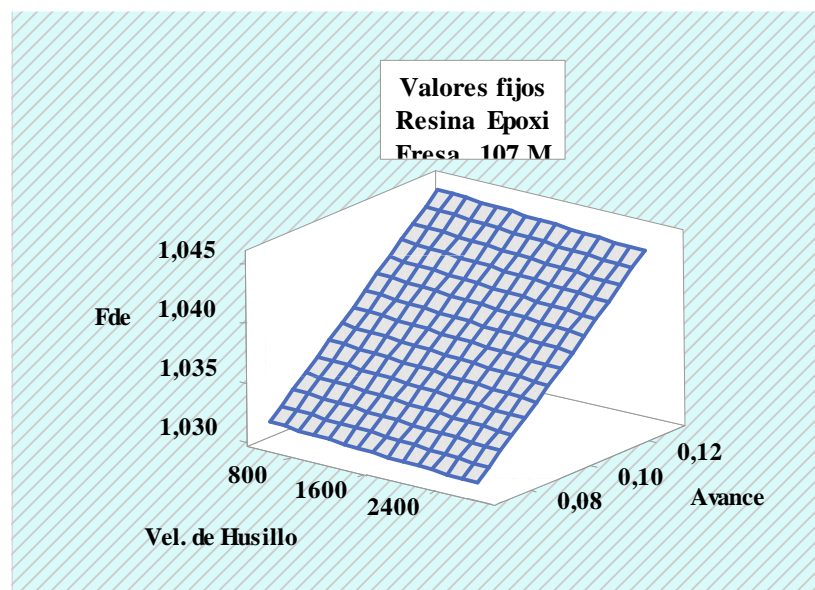


Figura 3-9. Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, avance; para resina Epoxi y la herramienta 107 M.

Fuente: Autor.

Se representan en la figura 3-9, los valores que, en función del avance y velocidad de husillo, así como el uso de la herramienta 107 M y una matriz de resina Epoxi, adquiere el factor de delaminación de entrada. En la misma se observa que al combinar altas velocidades de husillo y bajos avances, se obtiene un punto en donde el factor de delaminación de entrada es el más bajo.

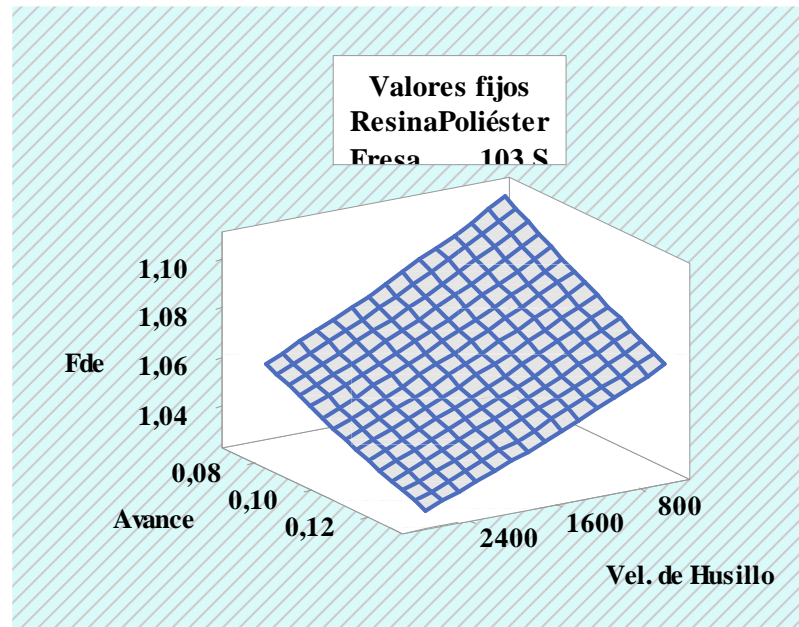


Figura 3-10. Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, avance; para resina Poliéster y la herramienta 103 S.

Fuente: Autor.

Representando en la figura 3-10, los valores que, en función del avance y velocidad de husillo, así como el uso de la herramienta 103 S y una matriz de resina Poliéster, adquiere el factor de delaminación de entrada. En la misma se observa que al combinar altas velocidades de husillo y de avance, se obtiene un punto en donde el factor de delaminación de entrada es el más bajo.

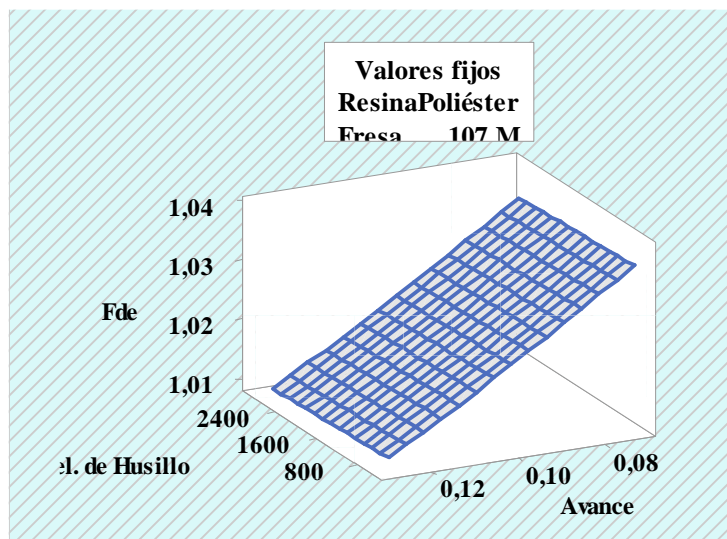


Figura 3-11. Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, avance; para resina Poliéster y la herramienta 107 M.

Fuente: Autor.

Se representa en la figura 3-11, los valores que, en función del avance y velocidad de husillo, así como el uso de la herramienta 107 M y una matriz de resina Poliéster, adquiere el factor de delaminación de entrada. En la misma se observa que al combinar altas velocidades de husillo y altos avances, se obtiene un punto en donde el factor de delaminación de entrada es el más bajo.

3.3.2. Optimización del factor de delaminación de entrada

Con la función de deseabilidad se logra englobar los factores analizados y se define la combinación óptima para el factor de delaminación de entrada, esto se describe en la figura 3-12. La base del análisis de la función de deseabilidad reside en estudiar las respuestas predichas por el modelo.

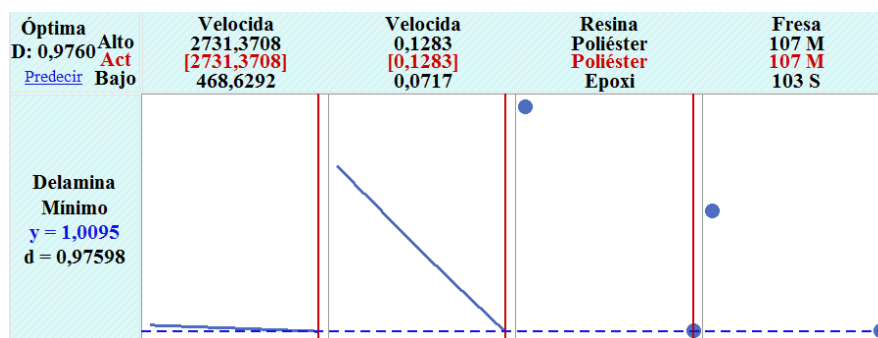


Figura 3-12. Gráfica de optimización del factor de delaminación de entrada.

Fuente: Autor.

El punto óptimo, con los respectivos niveles de cada parámetro de corte, se detalla en la tabla 3-2. Los parámetros optimizados son: velocidad de husillo, avance, tipo de resina y tipo de fresa.

Tabla 3-2. Valores predichos del punto óptimo del factor de delaminación de entrada.

Factores	Velocidad de Husillo	2731,37 rpm
	Velocidad de Corte	85,81 m/min
	Avance	0,12828 mm/rev
	Resina	Poliéster
	Fresa	107 M
Respuesta	Factor de delaminación de entrada	1,00955

Fuente: Autor.

3.4. Análisis del factor de delaminación de salida

3.4.1. Aplicación de la metodología de superficie de respuesta

Involucrando todos los términos que se pueden analizar al considerar los cuatro factores planteados, se general de manera inicial un modelo completo de segundo orden; con este modelo se revisa el cumplimiento de los supuestos y la influencia de cada término para reconocer los que intervengan significativamente en el factor de delaminación de salida.

En la figura 3-13, se revisa el diagrama de Pareto para de los efectos estandarizados, donde se conoce la influencia de cada término, con esto, se puede descartar términos que no aporten a la delaminación de salida.

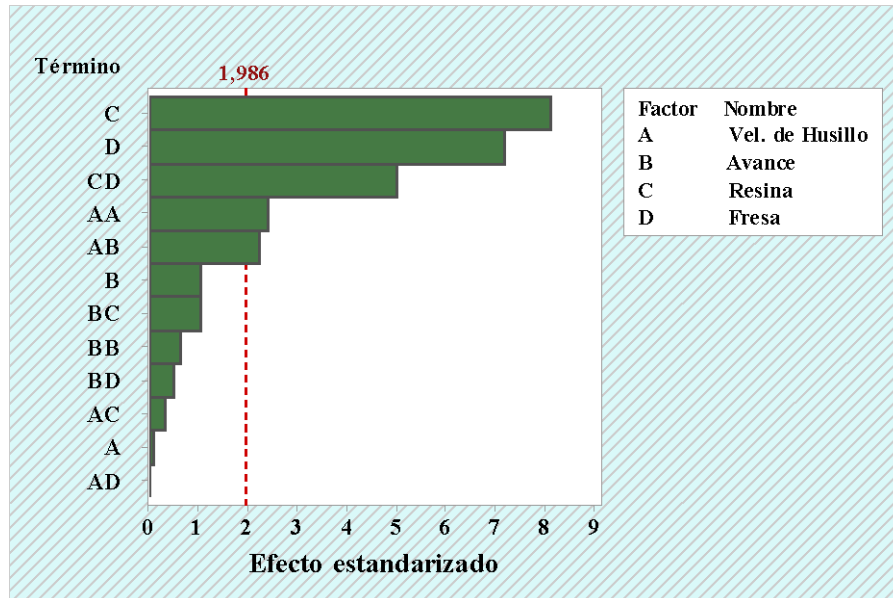


Figura 3-13. Diagrama de Pareto de los efectos para el factor de delaminación de salida.

Fuente: Autor.

Hay que recalcar que el efecto de la interacción entre la velocidad de husillo con el tipo de fresa, se lo considera significativamente importante, aunque esté cerca de ser estadísticamente significativo. También se resalta que no existe influencia de algún término cuadrático, por lo que se asegura que el modelo final a analizar sería un modelo de segundo orden.

Para la verificación de los supuestos de: normalidad de los datos, igualdad de varianza e independencia de residuos; se revisan las gráficas de los residuos del factor de delaminación de salida, estas se disponen en la figura 3-14.

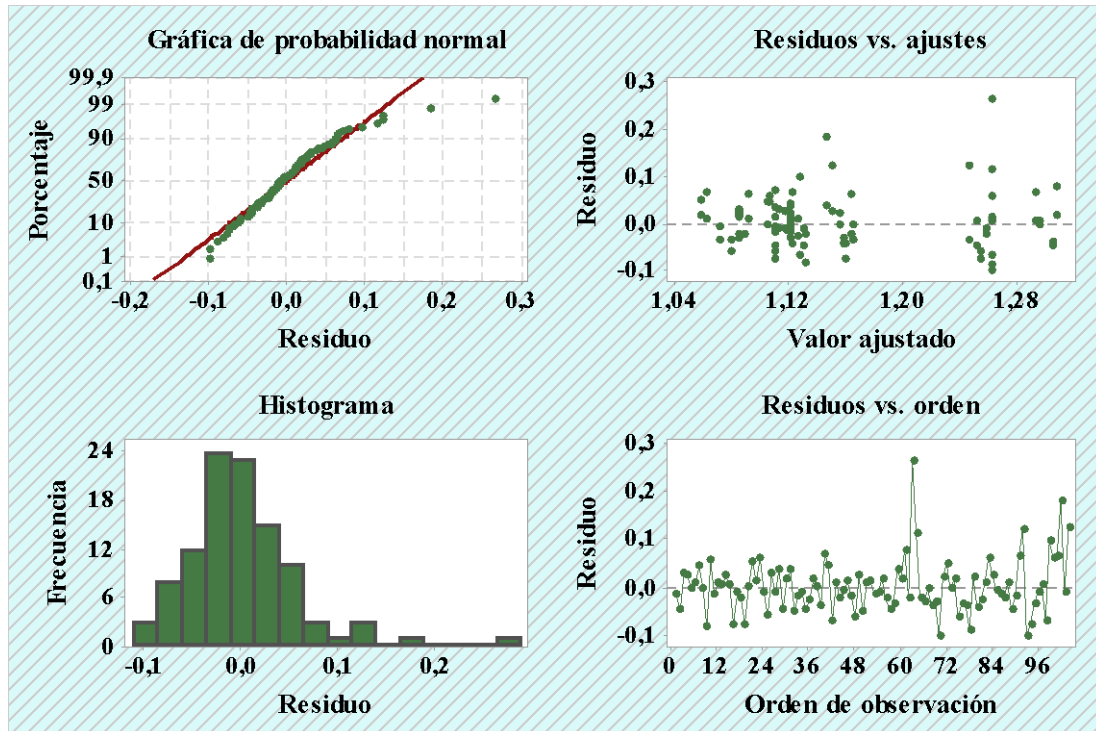


Figura 3-14. Gráficas de residuos del factor de delaminación de salida.

Fuente: Autor.

En la figura 3-14; para verificar el supuesto de normalidad, se examina la gráfica de probabilidad normal de los residuos, en donde existe la presencia de puntos que se alejan de manera considerable de la línea recta, marcando un patrón no normal; adicional se revisa el histograma de residuos que corrobora la presencia de puntos atípicos.

También se visualiza la gráfica de residuos versus ajustes, la cual se revisa para verificar la igualdad de varianza, en esta se logra identificar una distribución constante a lo largo de la línea horizontal, sin embargo, hay que marcar que existen puntos atípicos, que no se deben confundir con el incumplimiento del supuesto.

Además, se analiza la gráfica de residuos versus orden, en la que los puntos en esta gráfica no presentan algún patrón, demostrando la independencia de datos. Con estos análisis, se halla la necesidad de transformar los datos, debido al incumplimiento del supuesto de normalidad de datos, tras la transformación y la eliminación de los términos no significativos se genera un modelo final que explique de manera adecuada la relación entre los factores y el factor de delaminación de salida.

Es así que inicialmente se revisa el cumplimiento de los supuestos en los datos transformados, en la figura 3-15 se revisan nuevamente los residuos, haciendo énfasis en la gráfica de probabilidad normal, entendiéndose en esta que, los residuos de los datos transformados no se alejan de la línea recta, salvo los puntos atípicos, los cuales son irrelevantes; con todo esto, se asegura el cumplimiento del supuesto de normalidad en los datos.

En las gráficas de residuos versus ajustes y de residuos versus orden, los residuos de los datos transformados presentan iguales características que los residuos de los datos originales, por lo que los otros dos supuestos se respetan de igual manera.

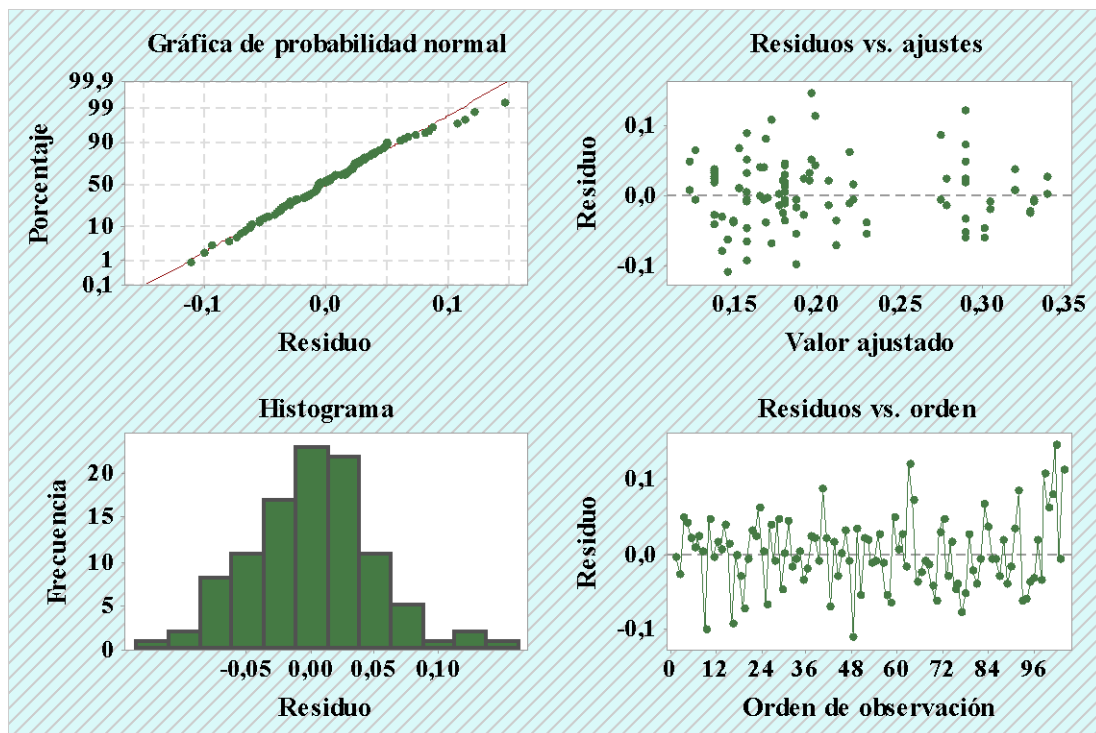


Figura 3-15. Gráficas de residuos del factor de delaminación de salida transformado.

Fuente: Autor.

Con el modelo depurado, se efectúa un nuevo análisis empezando por el ANOVA, este se describe en la tabla 3-3; aquí se concluye de manera global que existen diferencias significativas entre las medias globales poblacionales de cada tratamiento, mediante el contraste en el modelo de las significancias calculada y predefinida teniendo valores de 0,000 y 0,05. Se entiende que el modelo explica el 63,58 % de la variabilidad del factor de delaminación de entrada.

Tabla 3-3. ANOVA del factor de delaminación de salida.

Fuente de Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor- <i>p</i>
Modelo	7	0,41131	0,05876	23,94	0,000
Velocidad de Husillo	1	0,00006	0,00006	0,02	0,877
Avance	1	0,00704	0,00704	2,87	0,094
Resina	1	0,20464	0,20464	83,38	0,000
Fresa	1	0,10978	0,10978	44,73	0,000
Vel. corte * Vel. corte	1	0,02341	0,02341	9,54	0,003
Vel. corte * Fresa	1	0,01279	0,01279	5,21	0,025
Vel. avance * Resina	1	0,05359	0,05359	21,84	0,000
Falta de ajuste	28	0,10169	0,00363	1,84	0,021
Error puro	68	0,13391	0,00197		
Total	103	0,64691			

Fuente: Autor.

Complementando el ANOVA y recurriendo a medios gráficos para interpretar de mejor manera lo que ocurre con los datos, se revisa inicialmente el diagrama de Pareto de los efectos en la figura 3-16, aquí se visualizan los términos que tienen y los que no, efectos significativos en el factor de delaminación de salida.

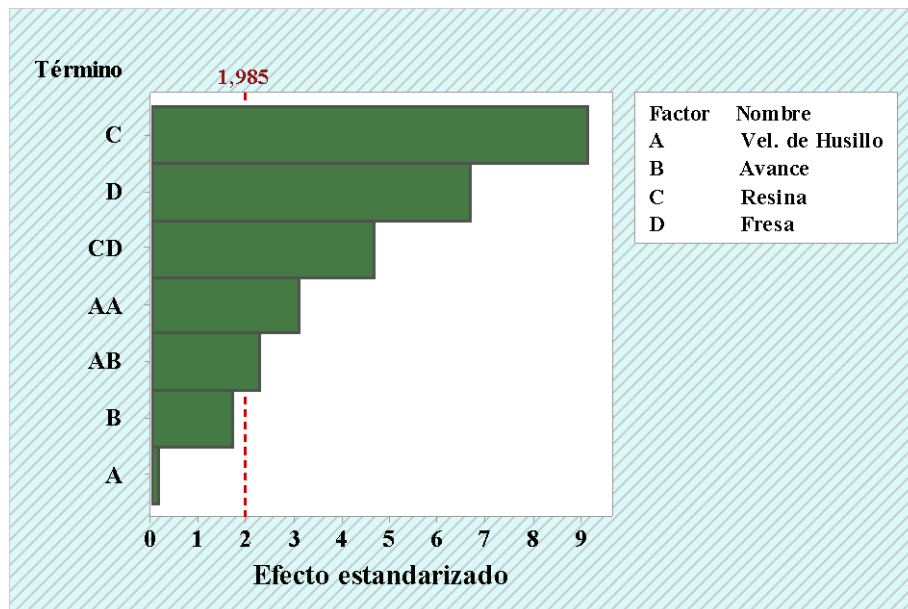


Figura 3-16. Diagrama de Pareto de los efectos relevantes del factor de delaminación de salida.

Fuente: Autor.

Reforzando la información del diagrama de Pareto, se revisa la figura 3-17, en la que se examina la gráfica de probabilidad normal de los efectos, que nos indica que conforme se sube el nivel del cuadrado de la velocidad de husillo y del tipo de resina; el factor de delaminación de entrada aumenta. Contrario a esto, acorde se sube el nivel del tipo de fresa, de la interacción entre el tipo de resina con el tipo de fresa y de la interacción entre la velocidad de husillo con el avance; el factor de delaminación de entrada disminuye.

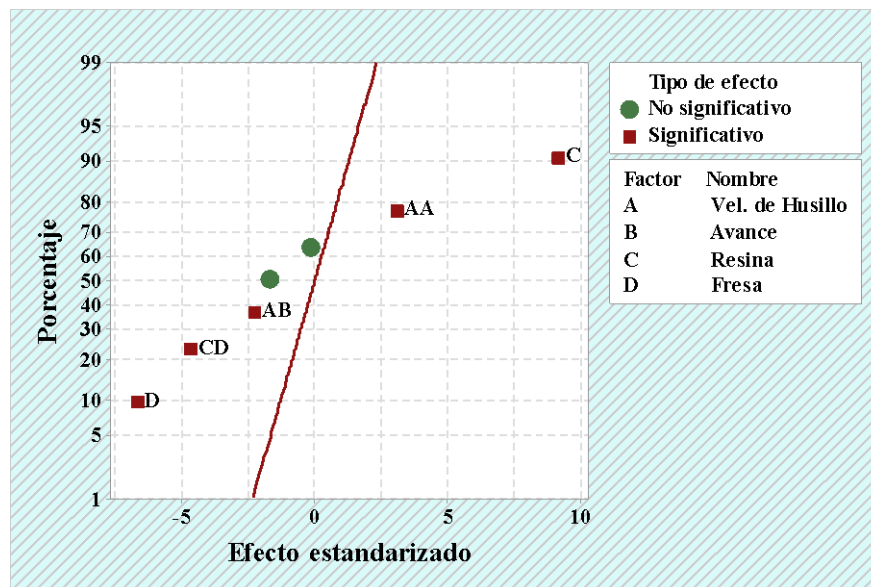


Figura 3-17. Gráfica de probabilidad normal del factor de delaminación de salida.

Fuente: Autor.

Estudiando la figura 3-16 y la figura 3-17, se visualizan por separado los efectos principales y los efectos de interacción, respectivamente. En la figura 3-18 se halla el marcado efecto no significativo de la velocidad de husillo, entendiendo que gráficamente un efecto es significativo cuando su línea presenta una pendiente pronunciada.

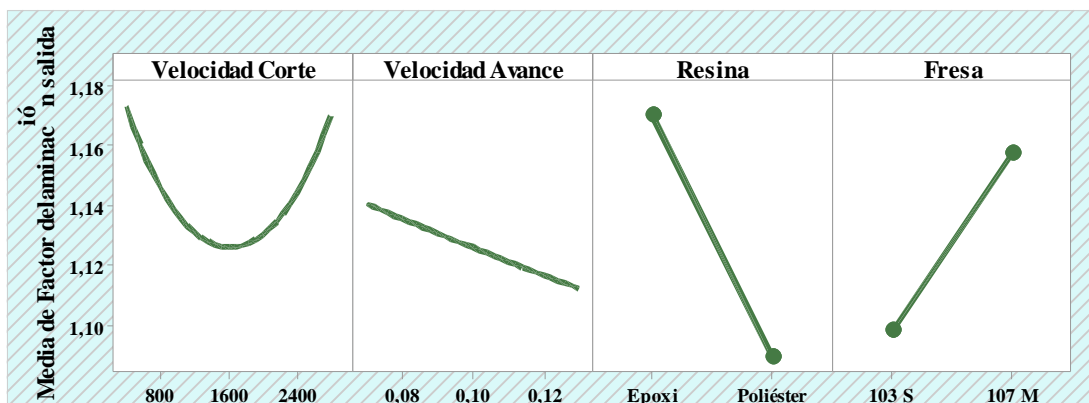


Figura 3-18. Gráfica de efectos principales del factor de delaminación de salida.

Fuente: Autor.

Asimismo, en la figura 3-19, son estadísticamente significativos los efectos de interacción de la velocidad de husillo con el avance y del tipo de resina con el tipo de fresa, hay que entender que gráficamente un efecto significativo se da cuando existe una notable diferencia entre las pendientes de las líneas en una misma gráfica de interacción.

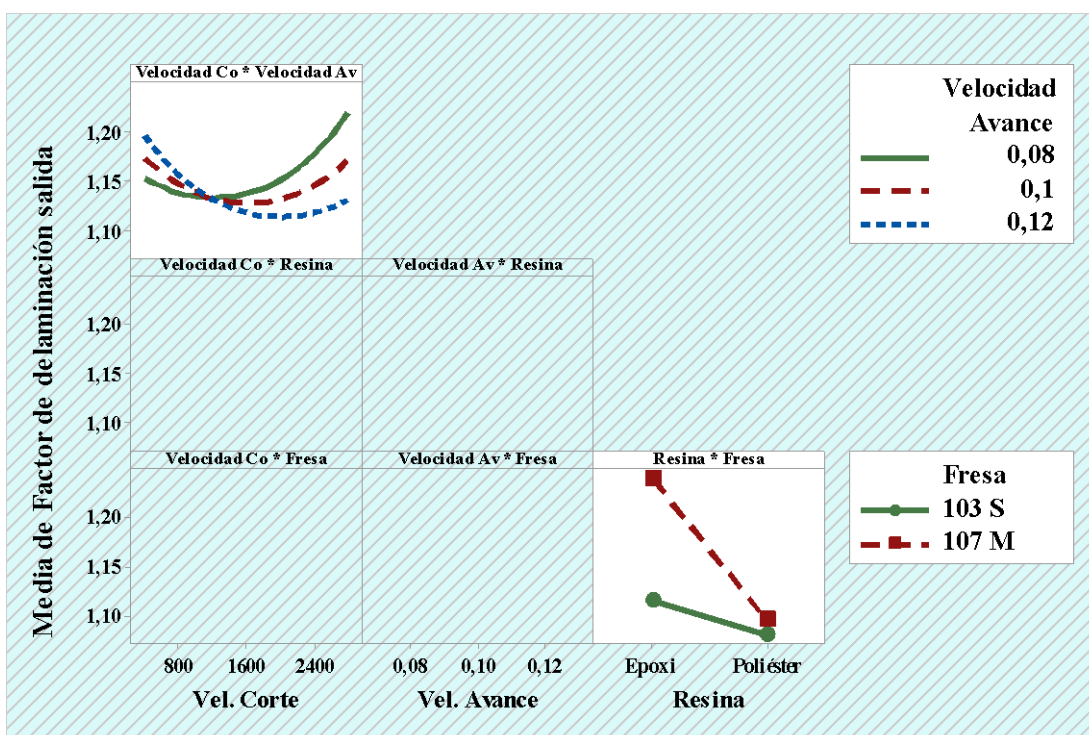


Figura 3-19. Gráfica de interacciones del factor de delaminación de salida.

Fuente: Autor.

Complementando el análisis realizado, se presenta las gráficas de superficie generadas por las ecuaciones de regresión del modelo del ANOVA, al involucrar los factores categóricos se obtienen 4 ecuaciones de regresión.

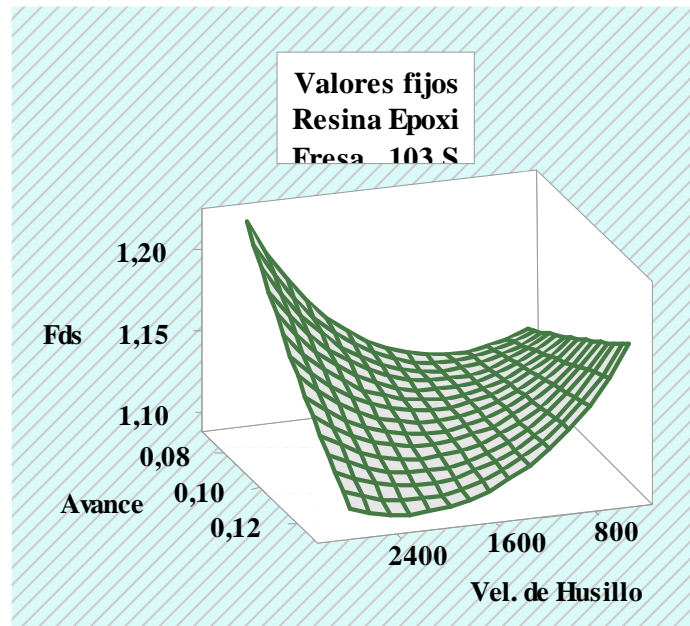


Figura 3-20. Gráfica de superficie del factor de delaminación de salida vs velocidad de husillo, avance; para resina Epoxi y la herramienta 103 S.

Fuente: Autor.

Así representando en la figura 3-20, los valores que, en función del avance y velocidad de husillo, así como el uso de la herramienta 103-S y una matriz de resina Epoxi, adquiere el factor de delaminación de salida. En la misma se observa que al combinar altas velocidades de husillo y grandes avances, se obtiene un punto en donde el factor de delaminación de salida es el más bajo.

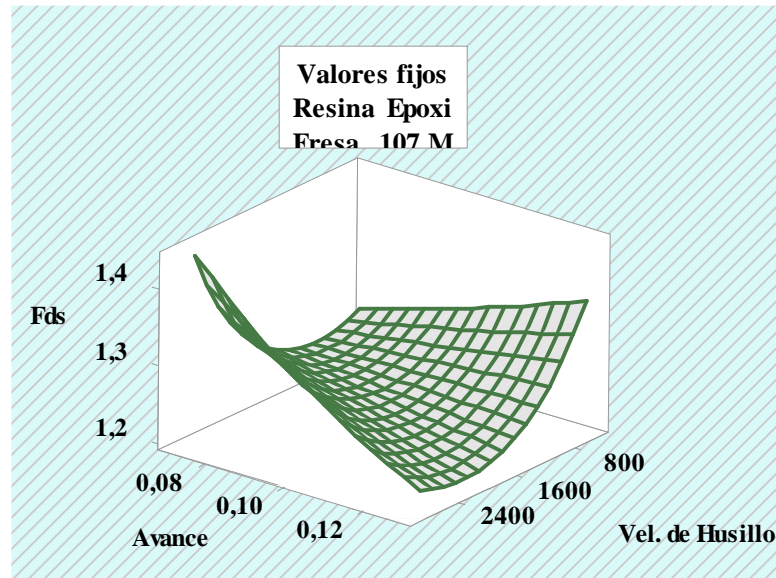


Figura 3-21. Gráfica de superficie del factor de delaminación de salida vs velocidad de husillo, avance; para resina Epoxi y la herramienta 107 M.

Fuente: Autor.

Representando en la figura 3-20, los valores que, en función del avance y velocidad de husillo, así como el uso de la herramienta 107-M y una matriz de resina Epoxi, adquiere el factor de delaminación de salida. En la misma se observa que al combinar altas velocidades de husillo y grandes avances, se obtiene un punto en donde el factor de delaminación de salida es el más bajo.

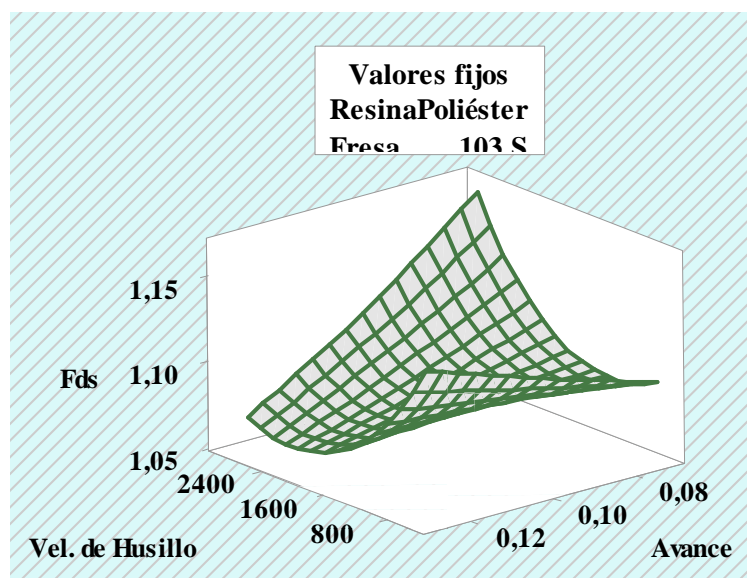


Figura 3-22. Gráfica de superficie del factor de delaminación de salida vs velocidad de husillo, avance; para resina Poliéster y la herramienta 103 S.

Fuente: Autor.

Así se representa en la figura 3-22, los valores que, en función del avance y velocidad de husillo, así como el uso de la herramienta 103-S y una matriz de resina Poliéster, adquiere el factor de delaminación de salida. En la misma se observa que al combinar altas velocidades de husillo y grandes avances, se obtiene un punto en donde el factor de delaminación de salida es el más bajo.

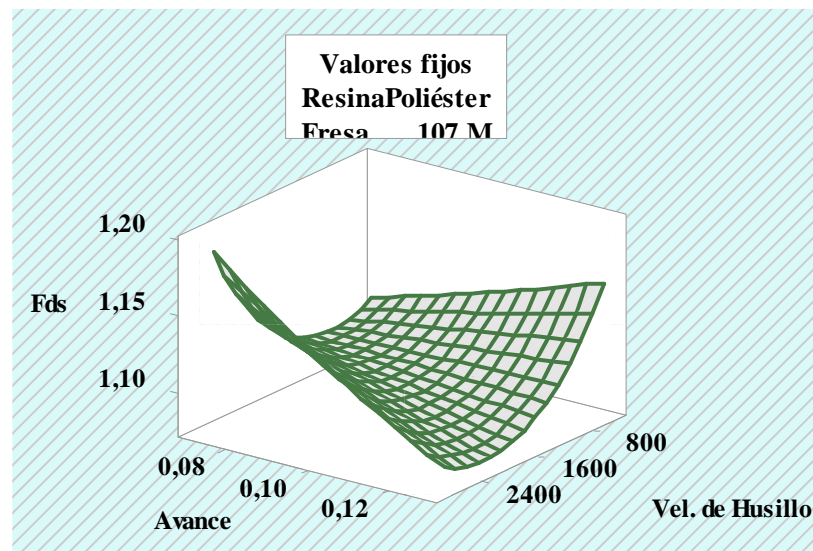


Figura 3-23. Gráfica de superficie del factor de delaminación de salida vs velocidad de husillo, avance; para resina Poliéster y la herramienta 107 M.

Fuente: Autor.

Se representa en la figura 3-23, los valores que, en función del avance y velocidad de husillo, así como el uso de la herramienta 107-M y una matriz de resina Poliéster, adquiere el factor de delaminación de salida. En la misma se observa que al combinar altas velocidades de husillo y grandes avances, se obtiene un punto en donde el factor de delaminación de salida es el más bajo.

3.4.2. Optimización del factor de delaminación de salida

Con la función de deseabilidad se logra englobar los factores analizados y se define la combinación óptima para el factor de delaminación de salida, esto se describe en la figura 3-24. La base del análisis de la función de deseabilidad reside en estudiar las respuestas predichas por el modelo.

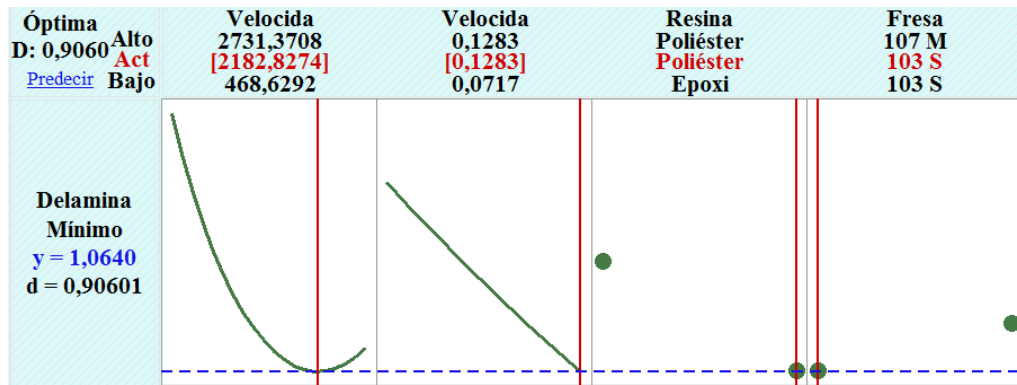


Figura 3-24. Gráfica de optimización del factor de delaminación de salida.

Fuente: Autor.

El punto óptimo, con los respectivos niveles de cada parámetro de corte, se detalla en la tabla 3-4. Los parámetros optimizados son: velocidad de husillo, avance, tipo de resina y tipo de fresa

Tabla 3-4. Valores predichos del punto óptimo del factor de delaminación de salida.

Factores	Velocidad de husillo	2182,83 rpm
	Velocidad de Corte	68.58 m/min
	Avance	0,128284 mm/rev
	Resina	Poliéster
	Fresa	103-S
Respuesta	Factor de delaminación de salida	1,06395

Fuente: Autor.

3.5. Análisis de la rugosidad

3.5.1. Aplicación de la metodología de superficie de respuesta

Involucrando todos los términos que se pueden analizar al considerar los cuatro factores planteados, se general de manera inicial un modelo completo de segundo orden; con este modelo se revisa el cumplimiento de los supuestos y la influencia de cada término para reconocer los que intervengan significativamente en la rugosidad.

En la figura 3-25, se revisa el diagrama de Pareto para de los efectos estandarizados, donde se conoce la influencia de cada término, con esto, se puede descartar términos que no aporten a la rugosidad.

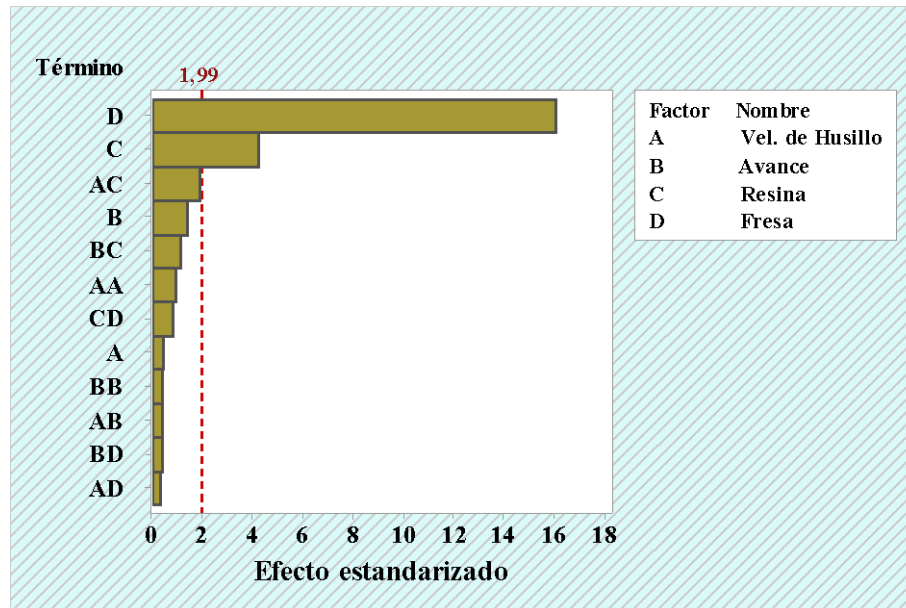


Figura 3-25. Diagrama de Pareto de los efectos para la rugosidad.

Fuente: Autor.

Hay que recalcar que el efecto de la interacción entre la velocidad de husillo con el tipo de fresa, se lo considera significativamente importante, aunque esté cerca de ser estadísticamente significativo. También se resalta que no existe influencia de algún término cuadrático, por lo que se asegura que el modelo final a analizar sería un modelo de primer orden.

Para la verificación de los supuestos de: normalidad de los datos, igualdad de varianza e independencia de residuos; se revisan las gráficas de los residuos de la rugosidad estas se disponen en la figura 3.26.

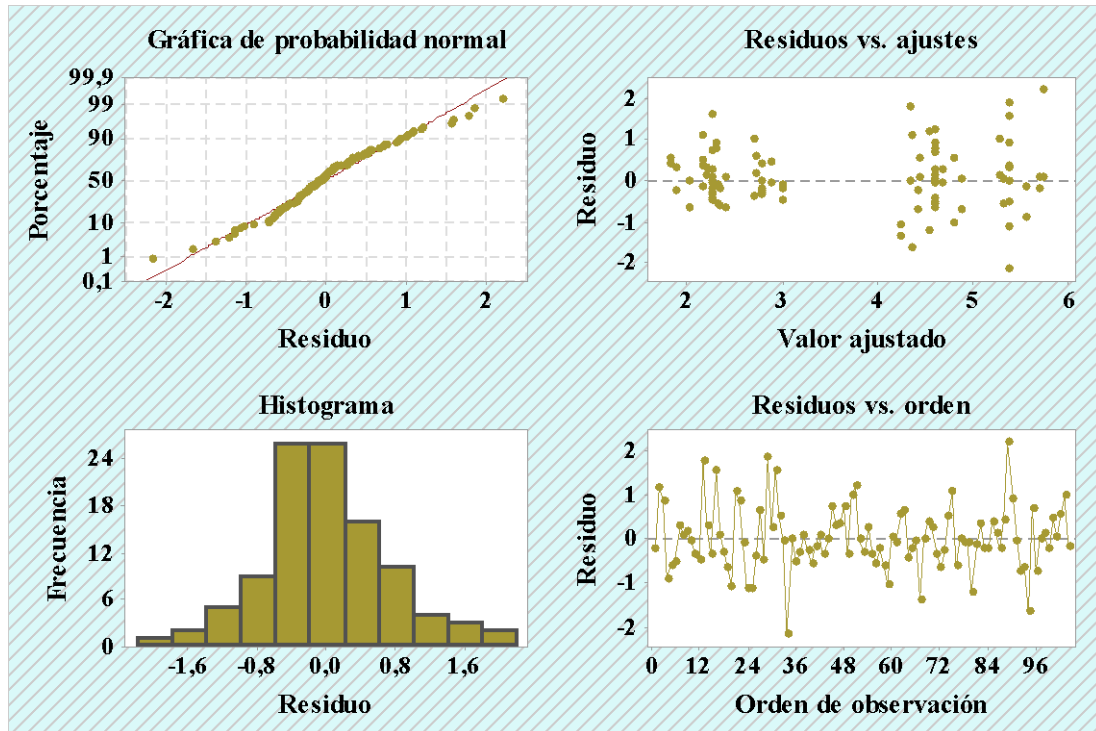


Figura 3-26. Gráficas de residuos de la rugosidad.

Fuente: Autor.

En la figura 3-26; para verificar el supuesto de normalidad, se examina la gráfica de probabilidad normal de los residuos, en donde existe la presencia de puntos que se alejan de manera considerable de la línea recta, marcando un patrón no normal; adicional se revisa el histograma de residuos que corrobora la presencia de puntos atípicos.

También se visualiza la gráfica de residuos versus ajustes, la cual se revisa para verificar la igualdad de varianza, en esta se logra identificar una distribución constante a lo largo de la línea horizontal, sin embargo, hay que marcar que existen puntos atípicos, que no se deben confundir con el incumplimiento del supuesto.

Además, se analiza la gráfica de residuos versus orden, en la que los puntos en esta gráfica no presentan algún patrón, demostrando la independencia de datos. Con estos análisis, se halla la necesidad de transformar los datos, debido al incumplimiento del supuesto de normalidad de datos, tras la transformación y la eliminación de los términos no significativos se genera un modelo final que explique de manera adecuada la relación entre los factores y la rugosidad.

Es así que inicialmente se revisa el cumplimiento de los supuestos en los datos transformados, en la figura 3-27 se revisan nuevamente los residuos, haciendo énfasis en la gráfica de probabilidad normal, entendiéndose en esta que, los residuos de los datos transformados no se alejan de la línea recta, salvo los puntos atípicos, los cuales son irrelevantes; con todo esto, se asegura el cumplimiento del supuesto de normalidad en los datos.

En las gráficas de residuos versus ajustes y de residuos versus orden, los residuos de los datos transformados presentan iguales características que los residuos de los datos originales, por lo que los otros dos supuestos se respetan de igual manera.

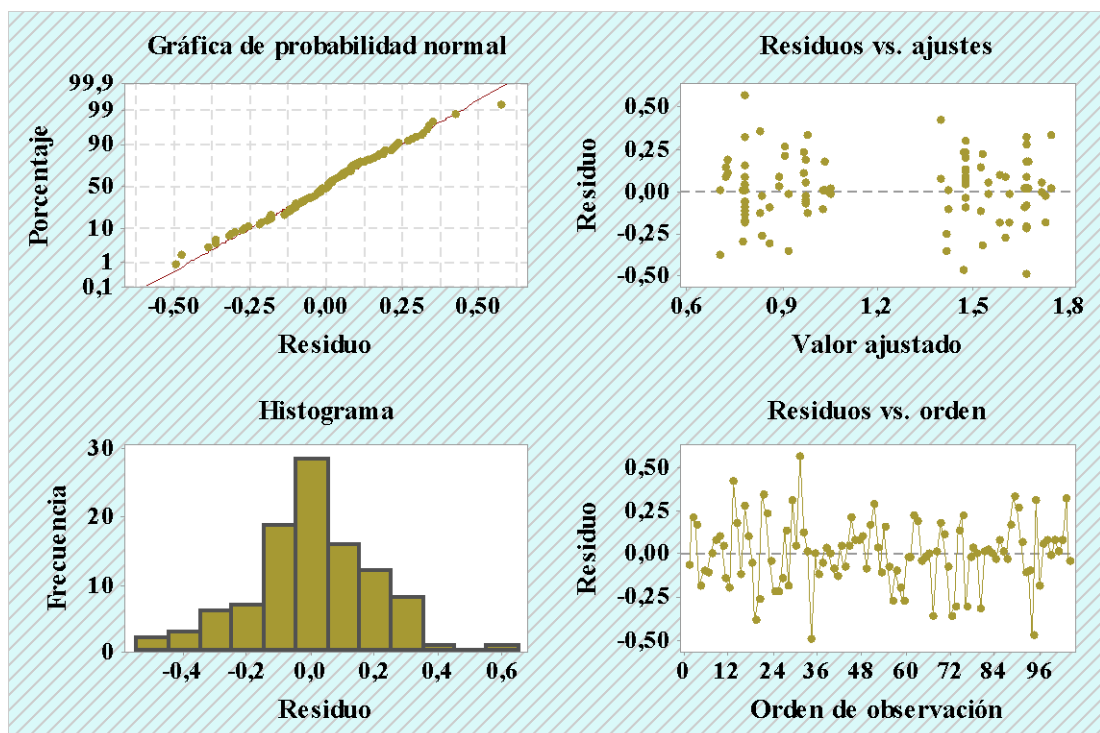


Figura 3-27. Gráficas de residuos de la rugosidad transformado.

Fuente: Autor.

Con el modelo depurado, se efectúa un nuevo análisis empezando por el ANOVA, este se describe en la tabla 3-5; aquí se concluye de manera global que existen diferencias significativas entre las medias globales poblacionales de cada tratamiento, mediante el contraste en el modelo de las significancias calculada y predefinida teniendo valores de 0,000 y 0,05. Se entiende que el modelo explica el 78,15 % de la variabilidad de la rugosidad.

Tabla 3-5. ANOVA de la rugosidad.

Fuente de Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor- <i>p</i>
Modelo	5	13,6196	2,7239	70,10	0,000
Velocidad de husillo	1	0,0002	0,0002	0,00	0,945
Avance	1	0,0844	0,0844	2,17	0,144
Resina	1	0,9666	0,9666	24,88	0,000
Fresa	1	12,4525	12,4525	320,45	0,000
Vel. husillo * Resina	1	0,1158	0,1158	2,98	0,087
Falta de ajuste	30	1,2998	0,0433	1,17	0,287
Error puro	68	2,5085	0,0369		
Total	103	17,4278			

Fuente: Autor.

Complementando el ANOVA y recurriendo a medios gráficos para interpretar de mejor manera lo que ocurre con los datos, se revisa inicialmente el diagrama de Pareto de los efectos en la figura 3-28, aquí se visualizan los términos que tienen y lo que no, efectos significativos en la rugosidad. Se consideran importantes de acuerdo al criterio del investigador, los efectos de la velocidad de husillo con el tipo de resina, la velocidad de husillo y el avance con el tipo de resina; por estar cerca de ser estadísticamente significativos.

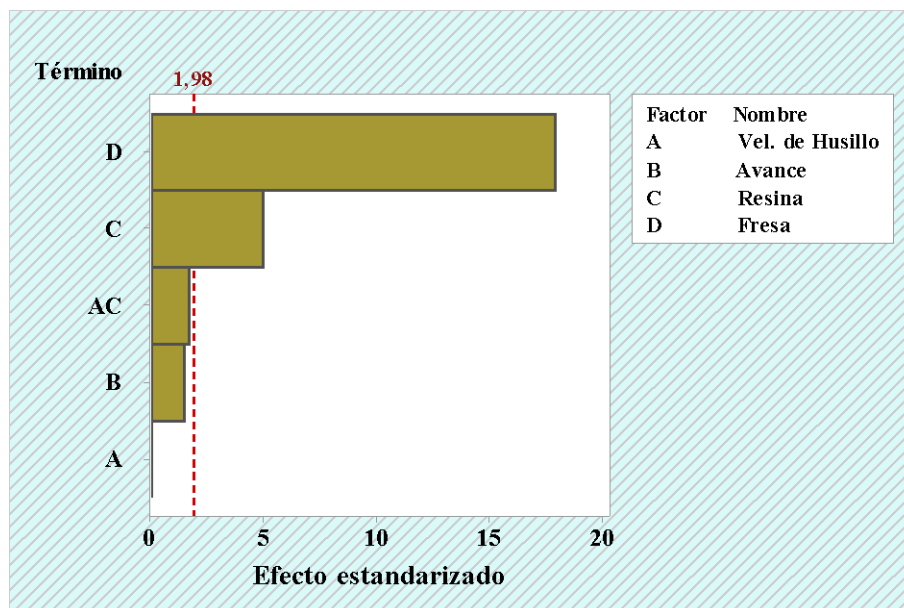


Figura 3-28. Diagrama de Pareto de los efectos relevantes de la rugosidad.

Fuente: Autor.

Reforzando la información del diagrama de Pareto, se revisa la figura 3-29, en la que se examina la gráfica de probabilidad normal de los efectos, que nos indica que acorde se sube el nivel del tipo de fresa y el tipo de resina; la rugosidad disminuye.

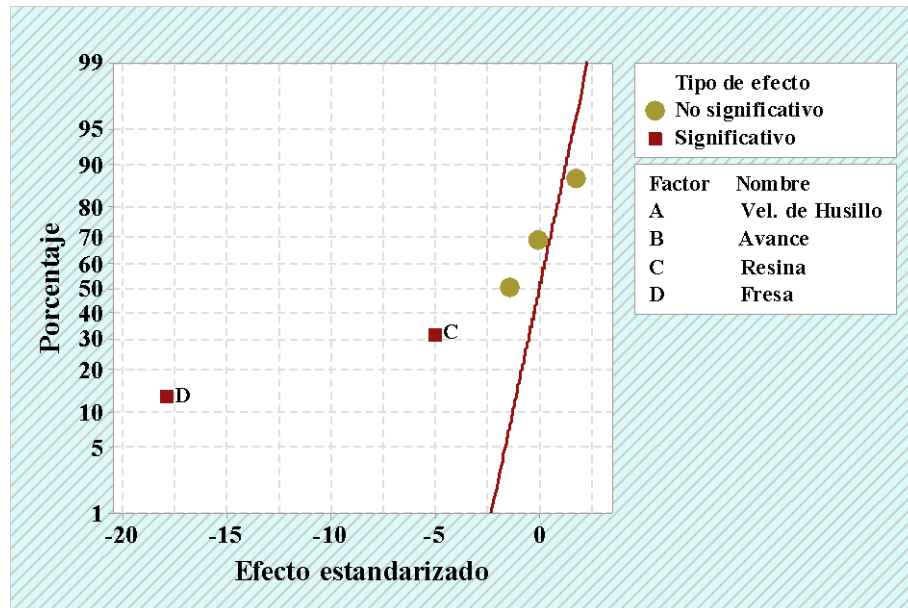


Figura 3-29. Gráfica de probabilidad normal de la rugosidad.

Fuente: Autor.

Estudiando la figura 3-28 y la figura 3-29, se visualizan por separado los efectos principales y los efectos de interacción, respectivamente. En la figura 3-30 se halla el marcado efecto no significativo de la velocidad de husillo y el avance, entendiendo que gráficamente un efecto es significativo cuando su línea presenta una pendiente pronunciada.

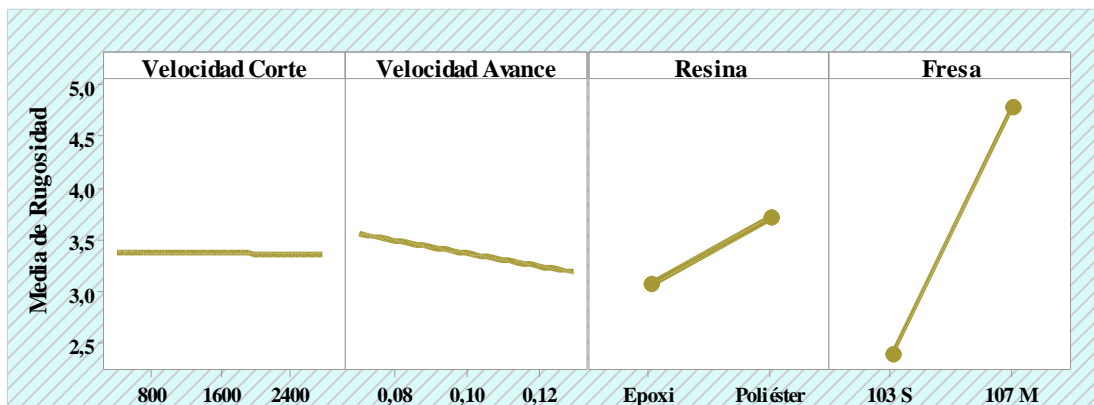


Figura 3-30. Gráfica de efectos principales de la rugosidad.

Fuente: Autor.

Asimismo, en la figura 3-31, son estadísticamente significativos los efectos de interacción de la velocidad de husillo con el tipo de resina, hay que entender que gráficamente un efecto significativo se da cuando existe una notable diferencia entre las pendientes de las líneas en una misma gráfica de interacción.

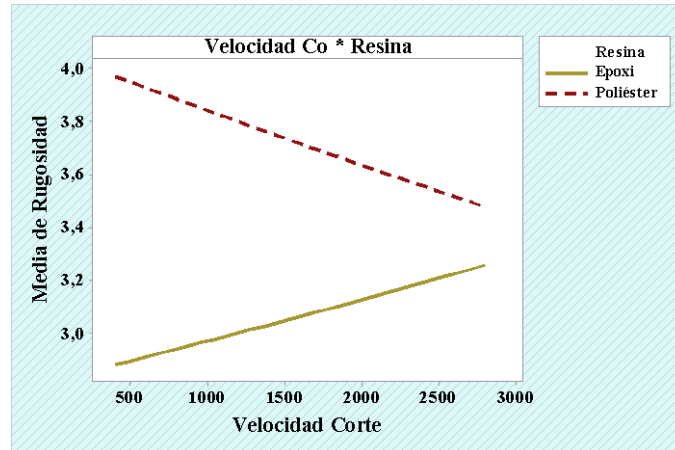


Figura 3-31. Gráfica de interacciones de la rugosidad.

Fuente: Autor.

Complementando el análisis realizado, se presenta las gráficas de superficie generadas por las ecuaciones de regresión del modelo del ANOVA, al involucrar los factores categóricos se obtienen 4 ecuaciones de regresión.

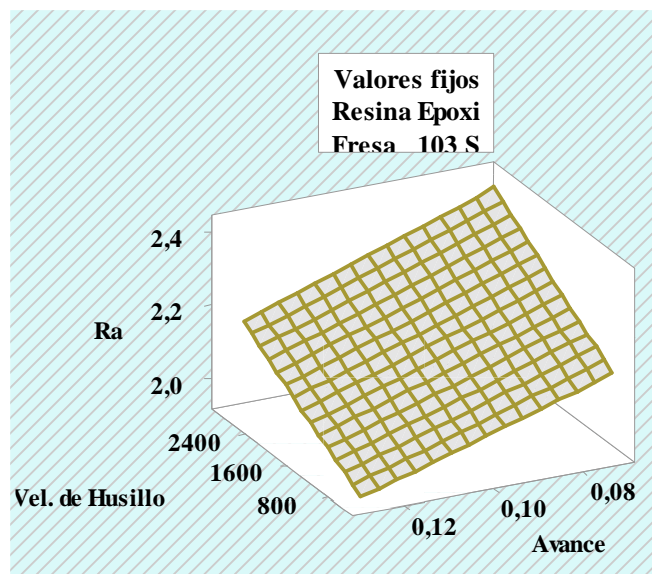


Figura 3-32. Gráfica de superficie de la rugosidad vs velocidad de husillo, avance; para resina Epoxi y la herramienta 103 S.

Fuente: Autor.

Representando en la figura 3-32, los valores que, en función del avance y velocidad de husillo, así como el uso de la herramienta 103-S y una matriz de resina Epoxi, adquiere la rugosidad. En la misma se observa que al combinar bajas velocidades de husillo y grandes avances, se obtiene un punto en donde la rugosidad es la más baja.

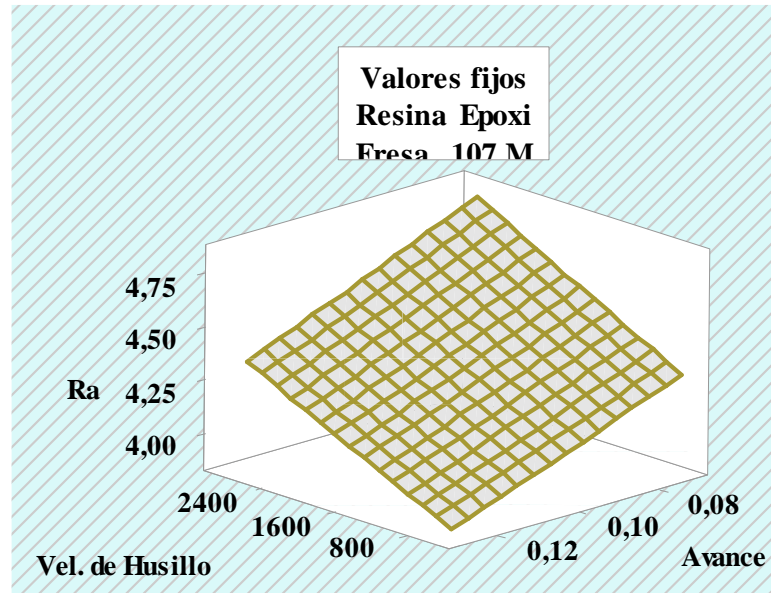


Figura 3-33. Gráfica de superficie de la rugosidad vs velocidad de husillo, avance; para resina Epoxi y la herramienta 107 M.

Fuente: Autor.

Se representa en la figura 3-33, los valores que, en función del avance y velocidad de husillo, así como el uso de la herramienta 107-M y una matriz de resina Epoxi, adquiere la rugosidad. En la misma se observa que al combinar bajas velocidades de husillo y grandes avances, se obtiene un punto en donde la rugosidad es la más baja.

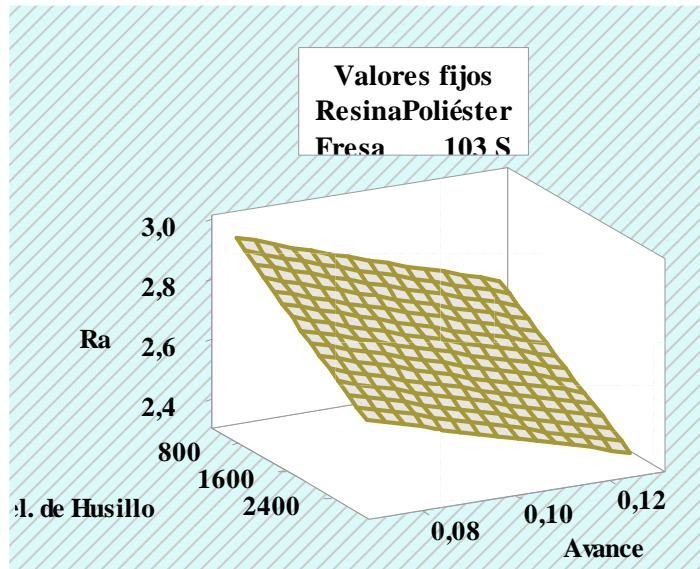


Figura 3-34. Gráfica de superficie de la rugosidad vs velocidad de husillo, avance; para resina Poliéster y la herramienta 103 S.

Fuente: Autor.

Representando en la figura 3-34, los valores que, en función del avance y velocidad de husillo, así como el uso de la herramienta 103-S y una matriz de resina Poliéster, adquiere la rugosidad. En la misma se observa que al combinar altas velocidades de husillo y grandes avances, se obtiene un punto en donde la rugosidad es la más baja.

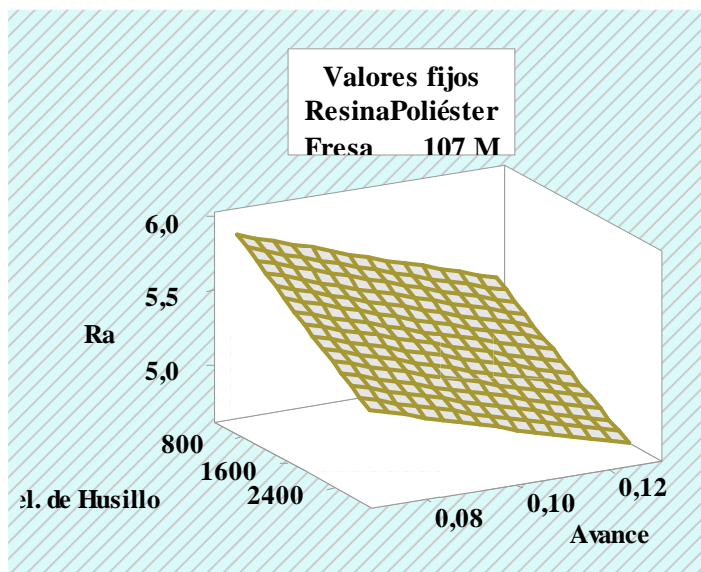


Figura 3-35. Gráfica de superficie de la rugosidad vs velocidad de husillo, avance; para resina Poliéster y la herramienta 107 M.

Fuente: Autor.

Se representa en la figura 3-35, los valores que, en función del avance y velocidad de husillo, así como el uso de la herramienta 107-M y una matriz de resina Poliéster, adquiere la rugosidad. En la misma se observa que al combinar altas velocidades de husillo y grandes avances, se obtiene un punto en donde la rugosidad es la más baja.

3.5.2. Optimización de la rugosidad

En la figura 3-36, se define la combinación óptima para la rugosidad englobando los factores analizados con ayuda de la función de deseabilidad, la base del análisis de esta función reside en estudiar las respuestas predichas por el modelo.

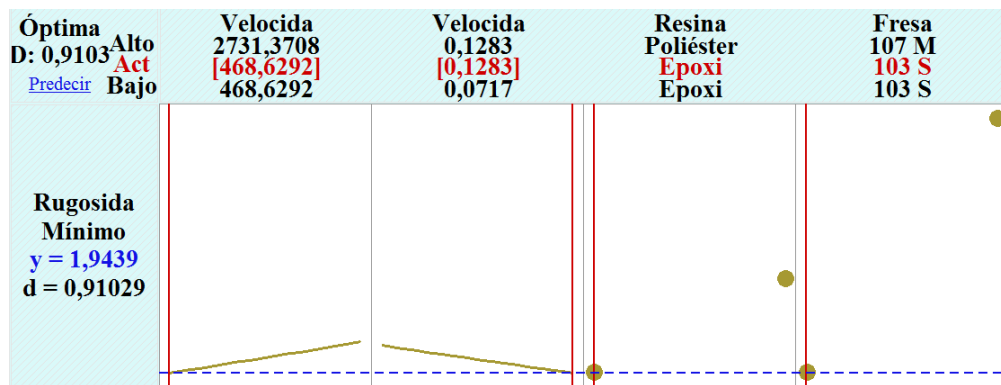


Figura 3-36. Gráfica de optimización de la rugosidad.

Fuente: Autor.

El punto óptimo, con los respectivos niveles de cada parámetro de corte, se detalla en la tabla 3-6. Los parámetros optimizados son: velocidad de husillo, avance, tipo de resina y tipo de fresa.

Tabla 3-6. Valores predichos del punto óptimo de la rugosidad.

Factores	Velocidad de Husillo	468,629 rpm
	Velocidad de Corte	14,72 m/min
	Avance	0,128284 mm/rev
	Resina	Epoxi
	Fresa	103-S
Respuesta	Rugosidad	1,94391

Fuente: Autor.

3.6. Optimización simultánea

Para englobar el valor de las deseabilidades individuales, estimadas en base a los valores predichos se emplea un único valor analizable objetivamente, este es la deseabilidad compuesta, este se puede representar en la figura 3-37.

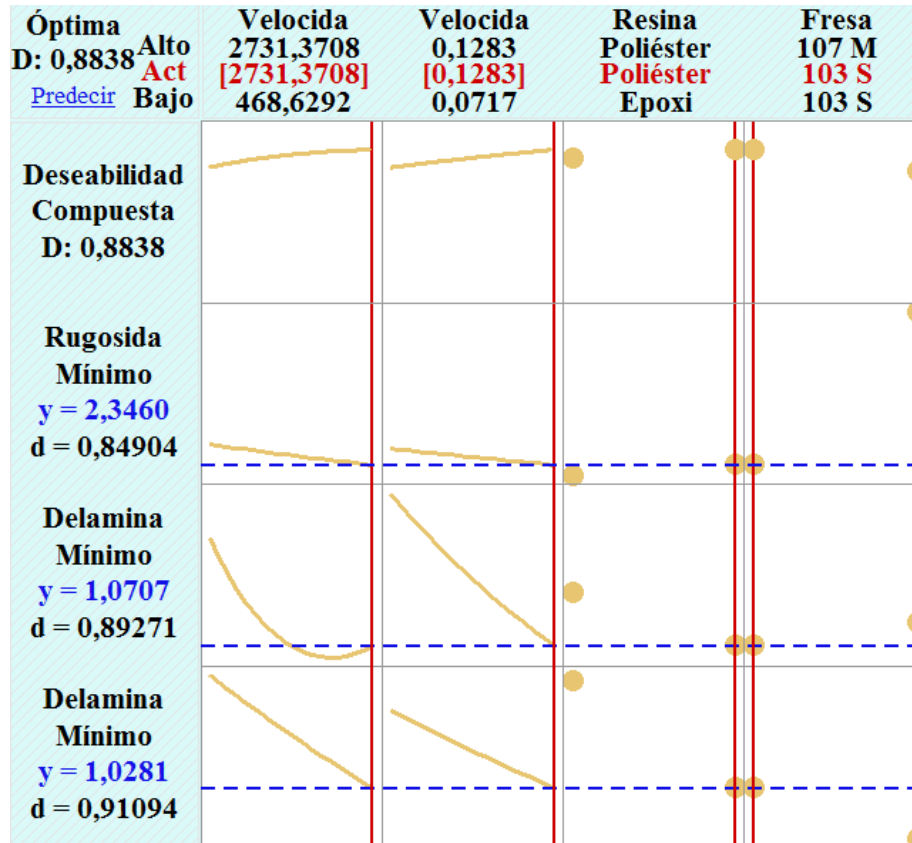


Figura 3-37. Gráfica de optimización simultánea.

Fuente: Autor.

El producto de las respuestas predichas por el modelo es citado en la tabla 3-7, en donde se detallan los niveles de cada factor que optimizan los factores de delaminación y rugosidad.

Tabla 3-7. Valores predichos para el punto óptimo simultáneo.

Factores	Velocidad de Husillo	2731,37 rpm
	Velocidad de Corte	85,81 m/min
	Avance	0,12828 mm/rev
	Resina	Poliéster

	Herramienta	103 S
Respuesta	Factor de delaminación de entrada	1,0281
	Factor de delaminación de salida	1,0707
	Rugosidad	2,3460 μm

Fuente: Autor.

3.7. Análisis del ensayo de degradación UV

3.7.1. Análisis de tracción

En la gráfica de medias del esfuerzo máximo de tracción, se puede diferenciar la tendencia que presenta la resistencia del material con refuerzo de resina Poliéster y el de la resina Epóxica.

En el material con refuerzo de resina Poliéster se marca una clara predisposición a indicar que se aprovecha al máximo el esfuerzo máximo de tracción cuando el material se expone a 50 horas, también se evidencia que, a partir de ese tiempo, se degrada la resistencia de dicho material reduciéndose paulatinamente en función del aumento de tiempo, sin embargo, el esfuerzo a 150 horas de exposición no es menor al esfuerzo del material sin exposición.

En el material con refuerzo de resina Epóxica se marca una clara predisposición a indicar que se aprovecha al máximo el esfuerzo máximo de tracción cuando el material se expone a 100 horas, también se evidencia que, a partir de ese tiempo, se degrada la resistencia de dicho material reduciéndose paulatinamente en función del aumento de tiempo, se recalca que el esfuerzo a 150 horas de exposición es menor al esfuerzo del material sin exposición.

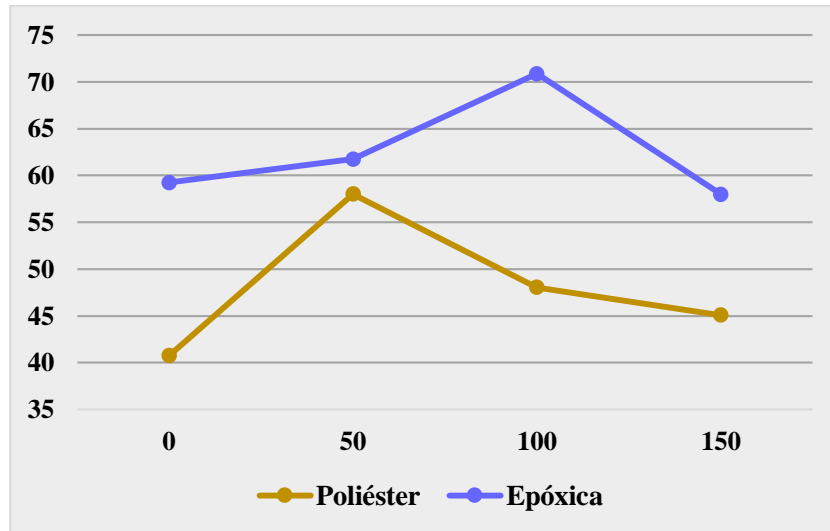


Figura 3-38. Gráfica de medias del esfuerzo máximo de tracción.

Fuente: Autor.

3.8. Verificación de la hipótesis

Para verificar la hipótesis “La variación de los parámetros de corte y el tipo de fresa del proceso de ranurado del material compuesto de matriz polimérica reforzado con fibra de abacá influyen en la calidad superficial del compuesto”, es necesario examinar las significancias calculadas en el ANOVA de cada respuesta analizada, por lo que es pertinente considerar las hipótesis particulares para la verificación global, cada hipótesis se describe en la tabla 3-8.

Tabla 3-8. Verificación de hipótesis.

Factor de delaminación de entrada	
Hipótesis:	<p>H_0: La variación de los parámetros de corte y el tipo de fresa del proceso de ranurado del material compuesto de matriz polimérica reforzado con fibra de abacá no influyen en el factor de delaminación de entrada.</p> <p>H_1: La variación de los parámetros de corte y el tipo de fresa del proceso de ranurado del material compuesto de matriz polimérica reforzado con fibra de abacá influyen en el factor de delaminación de entrada.</p>
Valor- <i>p</i> 0,000	Se rechaza la hipótesis nula, por lo que en base a los datos recolectados, se puede afirmar que los parámetros de corte y el tipo de fresa influyen significativamente en el factor de delaminación de entrada.
Factor de delaminación de salida	
Hipótesis:	H_0 : La variación de los parámetros de corte y el tipo de fresa del proceso de ranurado del material compuesto de matriz polimérica

	reforzado con fibra de abacá no influyen en el factor de delaminación de salida. H₁ : La variación de los parámetros de corte y el tipo de fresa del proceso de ranurado del material compuesto de matriz polimérica reforzado con fibra de abacá influyen en el factor de delaminación de salida.
Valor- <i>p</i> 0,000	Se rechaza la hipótesis nula, por lo que en base a los datos recolectados, se puede afirmar que los parámetros de corte y el tipo de fresa influyen significativamente en el factor de delaminación de salida.
Rugosidad	
Hipótesis:	H₀ : La variación de los parámetros de corte y el tipo de fresa del proceso de ranurado del material compuesto de matriz polimérica reforzado con fibra de abacá no influyen en la rugosidad. H₁ : La variación de los parámetros de corte y el tipo de fresa del proceso de ranurado del material compuesto de matriz polimérica reforzado con fibra de abacá influyen en la rugosidad.
Valor- <i>p</i> 0,000	Se rechaza la hipótesis nula, por lo que en base a los datos recolectados, se puede afirmar que los parámetros de corte y el tipo de fresa influyen significativamente en la rugosidad

Fuente: Autor.

Luego de contrastar las significancias en cada respuesta, se llega a la conclusión final de que existe una marcada influencia de los parámetros de corte y el tipo de fresa usados en el proceso de ranurado del material compuesto de matriz polimérica reforzado con fibra de abacá en los factores de delaminación y la rugosidad, los mismos que se traducen en la calidad superficial del compuesto.

CAPÍTULO IV

4.1. Conclusiones

- Se determinó un modelo experimental de regresión para cada uno de los parámetros de la calidad superficial, los cuales explican la variabilidad de las mediciones de delaminación de entrada, delaminación de salida y rugosidad, el modelo experimental explica hasta un 78.15% la variabilidad de las mediciones.
- Se elaboraron probetas con un 70% matriz de resina poliéster y epoxi y 30% de fibra de abacá, estando la fibra orientada alternadamente entre 90° y 0° obteniendo un compuesto bidireccional tanto para ranurado como para ensayos de degradación UV.
- Se realizaron pruebas experimentales mediante combinaciones de los diferentes niveles de cada uno de los parámetros de corte, como la velocidad de husillo y el avance; las combinaciones necesarias para el análisis se obtuvieron de la matriz de diseño generada mediante el Diseño Central Compuesto, con esto se obtienen un total de 52 combinaciones.
- Las delaminaciones y la rugosidad se evaluaron utilizando la velocidad de husillo, avance, el tipo de resina y el tipo de herramienta
- Mediante el análisis de la varianza de los factores de delaminación y rugosidad, el parámetro de mayor influencia son el tipo de herramienta y el tipo de resina con una significancia de 0.000 que contrasta con el 0.05 de la significancia predefinida.
- La combinación de factores que aprovecha simultáneamente las delaminaciones y la rugosidad son: Velocidad de husillo de 2731.37 rpm, Avance de 0.12828 mm/min, matriz de resina Poliéster y una herramienta de trabajo 103 S, obteniendo valores en delaminación de entrada igual a 1.0281, delaminación de salida igual a 1.0707 y una rugosidad de 2.3460 μm .

- En el material con refuerzo de resina Poliéster se marca una clara predisposición a indicar que se aprovecha al máximo el esfuerzo máximo de tracción cuando el material se expone a 50 horas, en cambio el material con refuerzo de resina Epoxi aprovecha al máximo dicho esfuerzo cuando se expone a 100 horas, a partir de ese tiempo, se degrada la resistencia de dicho material reduciéndose paulatinamente en función del aumento de tiempo.

4.2. Recomendaciones

- El tejido de la fibra de abacá lo debe realizar un artesano experto en ese trabajo, ya que al querer realizar el deshilado de forma personal se obtuvo más desecho que hilos de la fibra para su posterior tejido.
- Tener en cuenta que la adquisición de resina epoxi es un poco complicada ya que no existe lugares que proveen con facilidad este tipo de resina, se debe buscar con anterioridad un lugar de venta de este material para evitar imprevistos de tiempo.
- Para el corte de la fibra de abacá, tomar en cuenta que, al ser un tejido, este puede deshilarse fácilmente. Se debe poner una cantidad de goma blanca por los límites a recortarse.
- Para la elaboración del compuesto hay que estar atento a la orientación de las fibras ya que al formar un compuesto bidireccional no alternar el sentido de estas causaría variaciones en los resultados.
- Para el curado de las probetas en el secador por radiación, tener precaución en asegurar las probetas en una base rígida como un pedazo de madera, de forma que evitemos el pandeo de la misma por la temperatura interior del secador.
- Al mecanizar el compuesto, fijarlo muy bien a la mesa de trabajo para evitar ranurados defectuosos, evitando así mediciones erróneas que puedan modificar los resultados de los análisis utilizados en este experimento.

- Procurar realizar las probetas para el ensayo de degradación UV en una plancha entera, puesto que, al elaborarlas de forma individual no se consigue el acabado esperado por formación de burbujas en el interior, y se desperdicia la fibra al deshilarse al momento de cortar en pequeños pedazos.
- Al momento de medir la delaminación, se debe ubicar tanto los instrumentos como la mesa de trabajo en un lugar con iluminación natural que ayude a la captura de las imágenes necesarias para medir este factor.
- Se debe tomar en cuenta la temperatura del ambiente para desarrollar el ensayo de degradación UV, ya que, si el ambiente es caluroso, la máquina que realiza el ensayo no puede ventilarse correctamente, lo que produce la interrupción del mismo produciendo aplazamientos de tiempo para el desarrollo del ensayo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. T, B. J y P. J, Experimental studies on effect of process parameters on delamination in drilling GFRP composites using Taguchi method, 3rd International Conference on Materials Processing and Characterisation: ELSEVIER, 2014.
- [2] B. D. G, B. S. K y U. M. G. B, Effect of Machining Parameters on Milled Natural Fiber Reinforced Plastic Composites, Journal of Advanced Mechanical Engineering: Columbia International Publishing, 2012.
- [3] E. P. V. Manzano, Análisis del proceso de ranurado en materiales compuestos: Fibra natural mas Fibra de vidrio mas Resina poliester y Fibra natural mas Resina poliester, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, 2018.
- [4] B. S. G. Santiago, Caracterización de las propiedades mecánicas del material híbrido utilizando matriz epóxica reforzada con tejido de fibra vegetal de algodón y fibra natural de abacá, Ambato-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, 2017.
- [5] T. T. J. Daniel, Propiedades mecánicas de una matriz de poliéster reforzada con fibra de coco comparadas con la misma matriz reforzada con fibra de vidrio, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ingeniería Mecánica, 2014.
- [6] R. T. Ramos, Materiales compuestos de matriz polimérica reforzada con fibra de vidrio, Cimbra, enero-febreo-marzo 2010.
- [7] M. d. I. Á. Balladares, Aplicabilidad de un material compuesto con matriz polimérica reforzada con fibras de planta de mora (rubus glaucus) en partes interiores de carrocerías de la industria carrocera de tungurahua, Ambato-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, 2017.
- [8] F. Stupenengo, Materiales y materias primas Materiales compuestos, Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Colección encuentro Inet, 2011.

- [9] S. K. G. Castillo, Análisis de laminados de materiales compuestos con precarga en su plano y sometidos a impacto, Leganés: Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, 2007.
- [10] V. Guerrero, J. Dávila, S. Galeas, P. Pontón, N. Rosas, V. Sotomayor y C. Valdivieso, Nuevos Materiales, Aplicaciones Estructurales e Industriales, Quito-Ecuador: Imprefepp, 2011.
- [11] M. Blass, «iberisa.com,» 2009. [En línea]. Available: http://www.iberisa.com/soporte/femap/composites/nafems_benchmark_composite_test_r0031_3.htm.
- [12] L. M. García, Estudio del mecanizado de materiales compuestos, Leganés: Universidad Carlos III de Madrid Departamento de Mecánica, Julio de 2010.
- [13] D. I. C. J, Proceso de Taladrado, Sevilla: Universidad de Sevilla.
- [14] D. M. Kraemer, Procesos de arranque de viruta y no convencionales que se aplican en la industria metalmeccánica, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Mecánica, 2008.
- [15] manvictorcorp, «emaze,» [En línea]. Available: <https://userscontent2.emaze.com/images/c61fe509-95b3-47d8-a468-49b32a07038f/0487c2af-21c5-4b3b-a158-be63e0506510image14.jpeg>.
- [16] C. R. Dandekar y Y. C. Shin, Modeling of machining of composite materials: A review, USA: ELSEVIER, Enero 2012.
- [17] Atomtech, «Atom tech La mejor ingeniería a tu alcance,» Industria Aeronáutica, [En línea]. Available: <https://atomtech.com.co/industria-aeronautica>.
- [18] Ranurados, «Sandvik Coromant,» [En línea]. Available: <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/milling/pages/groove-or-slot-milling.aspx>. [Último acceso: 2018].
- [19] R. E. Moya, Estudio de los parámetros de taladrado en un composite de matriz poliéster con refuerzo híbrido de fibra de vidrio mas fibra de cabuya y su incidencia en las características de acabado superficial, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, 2018.
- [20] O. F. Rodríguez, Máquinas, Métodos y Control Dimensional del Procesamiento, Rosario: EET N°466.

- [21] M. San Juan Blanco, Análisis del taldrado de fibra de carbono: Fuerzas de corte y delaminación, Valladolid: Universidad de Valladolid, Escuelas de Ingenierías Industriales, 2016.
- [22] B. P. Bustamante, La degradación de los plásticos, Revista Universidad Eafit - No. 94.
- [23] H. G. Pulido y R. d. I. V. Salazar, Análisis y diseño de experimentos, México, D.F: McGraw-Hill, 2008, Segunda Edición.
- [24] G. Peú, «Limaeste,» [En línea]. Available: <http://www.limaeste.gob.pe/Virtual/estadistica/estadisticaData/Capacitacion/ESTADISTICA%20APLICADA/Dise%F1os%20Factoriales.docx>.
- [25] F. M. H. Q. M. P. E. Yacuzzi, El Diseño Experimental Y los Métodos de Taguchi: conceptos y aplicaciones en la industria farmacéutica., Universidad del CEMA.
- [26] S. X. S. Lizán, Ilustración de la Metodología Taguchi, Veracruz: Universidad Veracruzana, Especialidad en métodos estadísticos, 1998.
- [27] C. Kavanaugh, Los Diseños Taguchi contra los Diseños Clásicos de Experimentos, Aguascalientes: Conciencia Tecnológica, Instituto Tecnológico de Aguascalientes México, 2002.
- [28] Minitab, «<https://support.minitab.com>,» 2019. [En línea]. Available: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/doe/supporting-topics/response-surface-designs/response-surface-central-composite-and-box-behnken-designs/>.
- [29] V. Fipa, «Universidad Nacional del Callao,» Capítulo 5 Superficies de Respuestas, 2011. [En línea]. Available: https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/Abril_2011/IF_VIVANCO_FIPA/i_Capitulo%205_Superficies%20de%20Respuesta.pdf.
- [30] F. Smith y J. Hashemi, Fundamentos de la ingeniería de materiales (Cuarta Edición), México: McGraw-Hill, 2006.
- [31] Bidcom. [En línea]. Available: <https://www.bidcom.com.ar/manuales/MICROS06.pdf>.

- [32] V. E. H. Guillermo, Obtención de materiales compuestos híbridos de matriz poliéster reforzada con fibra de vidrio y abacá mediante estratificación, Quito: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica, 2011.
- [33] L. M. García, Estudio del mecanizado de materiales compuestos, Leganés: Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Mecánica, 2010.

ANEXOS

ANEXO A. Fichas técnicas de las herramientas

ANEXO B. Licencia programa Minitab

ANEXO C. Norma degradación UV

ANEXO D. Informe medición de rugosidad superficial

ANEXO E. Informe de ensayos de tracción

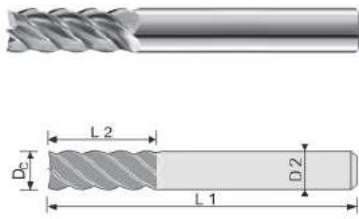
ANEXO F. Informe de ensayo de degradación UV

ANEXO A

Ref - 103 S, diámetro 10 mm (BORO E)



Ref: 103S (Super Acabado "Plexiglas" 45°)



Dc h10	L2	L1	D2 h6	€	BORO "E"
3	6	57	6	41,00	47,80
3	10	57	6	41,00	47,80
4	8	57	6	41,00	47,80
4	15	57	6	41,00	47,80
5	10	57	6	41,00	47,80
5	20	57	6	41,00	47,80
6	20	57	6	38,85	45,65
8	25	63	8	53,35	62,00
10	25	72	10	71,70	83,20
12	30	83	12	98,25	111,20

Ref - 107 (medio), diámetro 10 mm



Ref: 107 (Dentado Diamante con corte frontal)



Dc h10	L2	L1	D2 h6	€
2	7	40	2	16,20
2	7	50	6	31,45
3	10	40	3	16,20
3	12	50	6	31,45
3,5	12	40	3,5	17,85
4	15	40	4	19,60
4	20	50	6	30,30
4,5	15	50	4,5	22,65
5	16	50	5	25,65
5	25	75	6	47,60
6	18	50	6	28,55
6	35	75	6	49,90
7	22	60	7	37,25
8	25	63	8	42,90
8	40	100	8	68,60
9	25	63	9	53,65
10	30	72	10	59,75
12	32	83	12	84,25
14	32	83	14	150,00
16	36	92	16	205,25
18	40	92	18	242,95
20	45	104	20	291,60

ANEXO B

Factura del pedido: 100652081023

OnTheHub

vie 01/02/2019 11:42

Para:Perez Salinas Cristian Fabian <cf.perez@uta.edu.ec>;

** Este es un mensaje automático - por favor, no responda ya que no recibirá respuesta.
**

OnTheHub® eStore

by Kivuto

Estimado cristian perez:

Gracias por el pedido.

1 de 4

01/02/2019 11:46

Correo - cf.perez@uta.edu.ec

https://outlook.office.com/owa/?realm=uta.edu.ec&exsvurl=1&ll-cc=3082&modurl=0

cristian perez
Avenida Los Chasquis y Rio Payamino
Tungurahua 180150
Ecuador

Ítems (Todos los precios están en Dólares estadounidenses)

Vea los detalles para recuperar los artículos de su pedido.

	Cantidad	Precio unitario	Importe
1. Minitab 15 (Multilanguage) (06-Month Rental) - Descargar	1	\$29.99	\$29.99
2. Extended Access Guarantee (24 months)	1	\$4.95	\$4.95
		Subtotal:	\$34.94
		Impuestos:	--
		Total:	\$34.94

Asegúrese de que toda la información listada a continuación sea correcta y guarde esta factura para su registro.

Si tiene alguna pregunta, consulte la [página de Ayuda de la tienda web](#).

Gracias,
OnTheHub

ANEXO C

DIN EN ISO 4892-2



ICS 83.080.01

Supersedes
DIN EN ISO 4892-2:2000-11

**Plastics –
Methods of exposure to laboratory light sources –
Part 2: Xenon-arc lamps (ISO 4892-2:2006)
English version of DIN EN ISO 4892-2:2006-06**

Kunststoffe –
Künstliches Bestrahlen oder Bewittern in Geräten –
Teil 2: Xenonbogenlampen (ISO 4892-2:2006)
Englische Fassung DIN EN ISO 4892-2:2006-06

Document comprises 14 pages



National foreword

This standard has been published in accordance with a decision taken by CEN/TC 249 to adopt, without alteration, International Standard ISO 4892-2 as a European Standard.

The responsible German body involved in its preparation was the *Normenausschuss Kunststoffe* (Plastics Standards Committee), Technical Committee NA 054-01-04 AA *Verhalten gegen Umwelteinflüsse*.

The applicability of this standard for elastomers has been confirmed by Technical Committee NMP 434 *Prüfung der physikalischen Eigenschaften von Kautschuk und Elastomeren* of the *Normenausschuss Materialprüfung* (Materials Testing Standards Committee).

The DIN Standards corresponding to the International Standards referred to in clause 2 and in the bibliography of the EN are as follows:

ISO 4892-1	DIN EN ISO 4892-1
ISO 11341	DIN EN ISO 11341

Amendments

This standard differs from DIN EN ISO 4892-2:2000-11 as follows:

- a) The standard has been completely revised and brought into line with the specifications given in ISO 4892-1:1999.
- b) Tables 1 and 2 now include additional information.
- c) A new table 3 'Exposure cycles' has been included.

Previous editions

DIN 53387: 1973-01, 1974-10, 1982-06, 1989-04
DIN 53389: 1974-04
DIN EN ISO 4892-2: 2000-11

National Annex NA (informative)

Bibliography

DIN EN ISO 4892-1, *Plastics — Methods of exposure to laboratory light sources — Part 1: General guidance*

DIN EN ISO 11341, *Paints and varnishes — Artificial weathering and exposure to artificial radiation — Exposure to filtered xenon-arc radiation*

English Version

Plastics - Methods of exposure to laboratory light sources -
Part 2: Xenon-arc lamps (ISO 4892-2:2006)

Plastiques - Méthodes d'exposition à des sources
lumineuses de laboratoire - Partie 2: Lampes à arc au
xénon (ISO 4892-2:2006)

Kunststoffe - Künstliches Bestrahlen oder Bewittern in
Geräten - Teil 2: Xenonbogenlampen (ISO 4892-2:2006)

This European Standard was approved by CEN on 28 October 2005.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the Central Secretariat or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the Central Secretariat has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels

Foreword

This document (EN ISO 4892-2:2006) has been prepared by Technical Committee ISO/TC 61 "Plastics" in collaboration with Technical Committee CEN/TC 249 "Plastics", the secretariat of which is held by IBN.

This European Standard shall be given the status of a national standard, either by publication of an identical text or by endorsement, at the latest by August 2006, and conflicting national standards shall be withdrawn at the latest by August 2006.

This document supersedes EN ISO 4892-2:1999.

According to the CEN/CENELEC Internal Regulations, the national standards organizations of the following countries are bound to implement this European Standard: Austria, Belgium, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

Endorsement notice

The text of ISO 4892-2:2006 has been approved by CEN as EN ISO 4892-2:2006 without any modifications.

Contents

	Page
Foreword.....	2
1 Scope	3
2 Normative references	3
3 Principle.....	3
4 Apparatus	4
5 Test specimens	8
6 Exposure conditions	8
7 Procedure	10
8 Exposure report	10
Annex A (informative) Filtered xenon-arc radiation — Spectral power distribution	11
Bibliography	12

1 Scope

This part of ISO 4892 specifies methods for exposing specimens to xenon-arc light in the presence of moisture to reproduce the weathering effects that occur when materials are exposed in actual end-use environments to daylight or to daylight filtered through window glass.

The specimens are exposed to filtered xenon-arc light under controlled conditions (temperature, humidity, and/or wetting). Various types of xenon-arc light source and various filter combinations may be used to meet different requirements.

Specimen preparation and evaluation of the results are covered in other International Standards for specific materials.

General guidance is given in ISO 4892-1.

NOTE Xenon-arc exposures of paints and varnishes are described in ISO 11341.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 4582, *Plastics — Determination of changes in colour and variations in properties after exposure to daylight under glass, natural weathering or laboratory light sources*

ISO 4892-1, *Plastics — Methods of exposure to laboratory light sources — Part 1: General guidance*

3 Principle

3.1 A xenon arc, fitted with suitable filters and properly maintained, is used to simulate the spectral power distribution of daylight in the ultraviolet (UV) and visible regions of the spectrum.

3.2 Specimens are exposed to various levels of light, heat, relative humidity and water (see 3.4) under controlled environmental conditions.

3.3 The exposure conditions may be varied by selection of

- a) the light filter(s);
- b) the irradiance level;

- c) the temperature during exposure to light;
- d) the relative humidity in the chamber during light and dark exposures, when exposure conditions requiring control of humidity are used;
- e) the way the test specimens are wetted (see 3.4);
- f) the water temperature and wetting cycle;
- g) the relative lengths of the light and dark periods.

3.4 Wetting is usually produced by spraying the test specimens with demineralized/deionized water, by immersion in water or by condensation of water vapour onto the surfaces of the specimens.

3.5 The procedure may include measurements of the irradiance and radiant exposure in the plane of the specimens.

3.6 It is recommended that a similar material of known performance (a control) be exposed simultaneously with the test specimens to provide a standard for comparative purposes.

3.7 Intercomparison of results obtained from specimens exposed in different apparatus should not be made unless an appropriate statistical relationship has been established between the apparatuses for the particular material exposed.

4 Apparatus

4.1 Laboratory light source

4.1.1 General

The light source shall comprise one or more quartz-jacketed xenon-arc lamps which emit radiation from below 270 nm in the ultraviolet through the visible spectrum and into the infrared. In order to simulate daylight, filters shall be used to remove short-wavelength UV radiation (method A, see Table 1). Filters to minimize irradiance at wavelengths shorter than 310 nm shall be used to simulate daylight through window glass (method B, see Table 2). In addition, filters to remove infrared radiation may be used to prevent unrealistic heating of the test specimens, which can cause thermal degradation not experienced during outdoor exposures.

NOTE Solar spectral irradiance for a number of different atmospheric conditions is described in CIE Publication No. 85. The benchmark daylight used in this part of ISO 4892 is that defined in Table 4 in CIE No. 85:1989.

4.1.2 Spectral irradiance of xenon-arc lamps with daylight filters

Filters are used to filter xenon-arc emissions in order to simulate daylight (CIE Publication No. 85:1989, Table 4). The minimum and maximum levels of the relative spectral irradiance in the UV wavelength range are given in Table 1 (see also Annex A).

Table 1 — Relative spectral irradiance of xenon-arc lamps with daylight filters ^{a, b} (method A)

Spectral passband (λ = wavelength in nm)	Minimum ^c %	CIE No. 85:1989, Table 4 ^{d, e} %	Maximum ^c %
$\lambda < 290$			0,15
$290 \leq \lambda \leq 320$	2,6	5,4	7,9
$320 < \lambda \leq 360$	28,2	38,2	39,8
$360 < \lambda \leq 400$	54,2	56,4	67,5

^a This table gives the irradiance in the given passband, expressed as a percentage of the total irradiance between 290 nm and 400 nm. To determine whether a specific filter or set of filters for a xenon-arc lamp meets the requirements of this table, the spectral irradiance must be measured from 250 nm to 400 nm. The total irradiance in each wavelength passband is then summed and divided by the total irradiance from 290 nm to 400 nm.

^b The minimum and maximum limits in this table are based on more than 100 spectral irradiance measurements with water- and air-cooled xenon-arc lamps with daylight filters from different production lots and of various ages [3], used in accordance with the recommendations of the manufacturer. As more spectral irradiance data become available, minor changes in the limits are possible. The minimum and maximum limits are at least three sigma from the mean for all the measurements.

^c The minimum and maximum columns will not necessarily sum to 100 % because they represent the minima and maxima for the measurement data used. For any individual spectral irradiance, the percentages calculated for the passbands in this table will sum to 100 %. For any individual xenon-arc lamp with daylight filters, the calculated percentage in each passband shall fall within the minimum and maximum limits given. Exposure results can be expected to differ if obtained using xenon-arc apparatus in which the spectral irradiances differ by as much as that allowed by the tolerances. Contact the manufacturer of the xenon-arc apparatus for specific spectral irradiance data for the xenon-arc lamp and filters used.

^d The data from Table 4 in CIE Publication No. 85:1989 is the global solar irradiance on a horizontal surface for an air mass of 1,0, an ozone column of 0,34 cm at STP, 1,42 cm of precipitable water vapour and a spectral optical depth of aerosol extinction of 0,1 at 500 nm. These data are target values for xenon-arc lamps with daylight filters.

^e For the solar spectrum represented by Table 4 in CIE No. 85:1989, the UV irradiance (between 290 nm and 400 nm) is 11 % and the visible irradiance (between 400 nm and 800 nm) is 89 %, expressed as a percentage of the total irradiance between 290 nm and 800 nm. The percentage of the UV irradiance and that of the visible irradiance incident on specimens exposed in xenon-arc apparatus may vary due to the number of specimens being exposed and their reflectance properties.

4.1.3 Spectral irradiance of xenon-arc lamps with window glass filters

Filters are used to filter the xenon-arc lamp emissions in order to simulate daylight which has passed through window glass. The minimum and maximum levels of the relative spectral irradiance in the UV region are given in Table 2 (see also Annex A).

Table 2 — Relative spectral irradiance for xenon-arc lamps with window glass filters ^{a, b} (method B)

Spectral passband (λ = wavelength in nm)	Minimum ^c %	CIE No. 85:1989, Table 4 plus effect of window glass ^{d, e} %	Maximum ^c %
$\lambda < 300$			0,29
$300 \leq \lambda \leq 320$	0,1	≤ 1	2,8
$320 < \lambda \leq 360$	23,8	33,1	35,5
$360 < \lambda \leq 400$	62,4	66,0	76,2

^a This table gives the irradiance in the given passband, expressed as a percentage of the total irradiance between 290 nm and 400 nm. To determine whether a specific filter or set of filters for a xenon-arc lamp meets the requirements of this table, the spectral irradiance must be measured from 250 nm to 400 nm. The total irradiance in each passband is then summed and divided by the total irradiance between 290 nm and 400 nm.

^b The minimum and maximum limits in this table are based on more than 30 spectral irradiance measurements with water- and air-cooled xenon-arc lamps with window glass filters from different production lots and of various ages ^[3], used in accordance with the recommendations of the manufacturer. As more spectral irradiance data become available, minor changes in the limits are possible. The minimum and maximum limits are at least three sigma from the mean for all the measurements.

^c The minimum and maximum columns will not necessarily sum to 100 % because they represent the minima and maxima for the data used. For any individual spectral irradiance, the percentages calculated for the passbands in this table will sum to 100 %. For any individual xenon-arc lamp with window glass filters, the calculated percentage in each passband shall fall within the minimum and maximum limits given. Exposure results can be expected to differ if obtained using xenon-arc apparatus in which the spectral irradiances differ by as much as that allowed by the tolerances. Contact the manufacturer of the xenon-arc apparatus for specific spectral irradiance data for the xenon-arc lamp and filters used.

^d The data from Table 4 in CIE No. 85:1989 plus the effect of window glass was determined by multiplying the CIE No. 85:1989, Table 4, data by the spectral transmittance of 3-mm-thick window glass (see ISO 11341). These data are target values for xenon-arc lamps with window glass filters.

^e For the CIE No. 85:1989 plus window glass data, the UV irradiance between 300 nm and 400 nm is typically about 9 % and the visible irradiance (between 400 nm and 800 nm) is typically about 91 %, expressed as a percentage of the total irradiance between 300 nm and 800 nm. The percentage of the UV irradiance and that of the visible irradiance incident on specimens exposed in xenon-arc apparatus may vary due to the number of specimens being exposed and their reflectance properties.

4.1.4 Irradiance uniformity

The irradiance at any position in the area used for specimen exposure shall be at least 80 % of the maximum irradiance. Requirements for periodic repositioning of specimens when this requirement is not met are described in ISO 4892-1.

NOTE For some materials of high reflectivity, periodic repositioning of specimens is recommended to ensure uniformity of exposures, even when the irradiance uniformity in the exposure area is within the limits so that repositioning is not required.

4.2 Test chamber

The design of the test chamber may vary, but it shall be constructed from inert material. In addition to the controlled irradiance, the test chamber shall provide for control of temperature. For exposures that require control of humidity, the test chamber shall include humidity-control facilities that meet the requirements of ISO 4892-1. When required by the exposure used, the apparatus shall also include facilities for the provision of water spray or the formation of condensate on the surface of the test specimens, or for the immersion of the specimens in water. Water used for water spray shall meet the requirements of ISO 4892-1.

The light source(s) shall be located, with respect to the specimens, such that the irradiance at the specimen surface complies with 6.1.

NOTE If the lamp system (one or more lamps) is centrally positioned in the chamber, the effect of any eccentricity of the lamp(s) on the uniformity of exposure may be reduced by using a rotating frame carrying the specimens or by repositioning or rotating the lamps.

Should any ozone be generated from operation of the lamp(s), the lamp(s) shall be isolated from the test specimens and operating personnel. If the ozone is in an air stream, it shall be vented directly to the outside of the building.

4.3 Radiometer

When a radiometer is used, it shall comply with the requirements outlined in ISO 4892-1.

4.4 Black-standard/black-panel thermometer

The black-standard or black-panel thermometer used shall comply with the requirements for these devices given in ISO 4892-1.

4.5 Wetting and humidity-control equipment

4.5.1 General

Specimens may be exposed to moisture in the form of water spray or condensation, or by immersion. Specific exposure conditions using water spray are described in Table 3. If condensation, immersion or other methods are used to expose the specimens to moisture, details of the procedures and exposure conditions used shall be included in the exposure report.

Table 3 also describes exposure conditions in which the relative humidity is controlled as well as those in which humidity control is not required.

NOTE The relative humidity of the air can have a significant influence on the photodegradation of polymers.

4.5.2 Relative-humidity control equipment

For exposures where relative-humidity control is required, the location of the sensors used to measure the humidity shall be as specified in ISO 4892-1.

4.5.3 Spray system

The test chamber shall be equipped with a means of directing an intermittent water spray onto the fronts or backs of the test specimens under specified conditions. The spray shall be uniformly distributed over the specimens. The spray system shall be made from corrosion-resistant materials that do not contaminate the water employed.

The water sprayed onto the specimen surfaces shall have a conductivity below 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, contain less than 1 $\mu\text{g}/\text{g}$ dissolved solids and leave no observable stains or deposits on the specimens. Care shall be taken to keep silica levels below 0,2 $\mu\text{g}/\text{g}$. A combination of deionization and reverse osmosis can be used to produce water of the desired quality.

4.6 Specimen holders

Specimen holders may be in the form of an open frame, leaving the backs of the specimens exposed, or they may provide the specimens with a solid backing. They shall be made from inert materials that will not affect the results of the exposure, for example non-oxidizing alloys of aluminium or stainless steel. Brass, steel or copper shall not be used in the vicinity of the test specimens. The backing used may affect the results, as may any space between the backing and the test specimen, particularly with transparent specimens, and shall be agreed on between the interested parties.

4.7 Apparatus to assess changes in properties

The apparatus required by the International Standards relating to the determination of the properties chosen for monitoring (see also ISO 4582) shall be used.

5 Test specimens

Refer to ISO 4892-1.

6 Exposure conditions

6.1 Radiation

Unless otherwise specified, control the irradiance at the levels indicated in Table 3. Other irradiance levels may be used when agreed on by the interested parties. The irradiance, and the passband in which it was measured, shall be included in the exposure report.

6.2 Temperature

6.2.1 Black-standard/black-panel temperature

For referee purposes, Table 3 specifies black-standard temperatures. For normal work, black-panel thermometers may be used in place of black-standard thermometers. However, allowance will have to be made for the fact that the two types of thermometer indicate different temperatures, due to their different thermal conductivities (see ISO 4892-1).

NOTE 1 If a black-panel thermometer is used, the temperature indicated will be 3 °C to 12 °C lower than that indicated by a black-standard thermometer under typical exposure conditions.

If a black-panel thermometer is used, then the panel material, the type of temperature sensor and the way in which the sensor is mounted on the panel shall be included in the exposure report.

NOTE 2 If higher temperatures (see cycles 3, 4 7 and 8 in Table 3) are used for special exposures, the tendency for specimens to undergo thermal degradation will increase and this may affect the results of such exposures.

Other temperatures may be used when agreed on by the interested parties, but shall be stated in the exposure report.

If water spray is used, the temperature requirements apply to the end of the dry period. If the thermometer does not reach a steady state during the short water-spray part of the cycle, the temperature specified shall be established without water spray and the maximum temperature attained during the dry part of the cycle shall be reported.

NOTE 3 The additional measurement of a white-standard/white-panel temperature with a white-standard/white-panel thermometer according to ISO 4892-1 gives important information on the range of surface temperatures of differently coloured test specimens.

6.2.2 Chamber air temperature

Exposures can be run either with the chamber air temperature controlled at a specified level or allowing the air temperature to find its own level (see Table 3).

6.3 Relative humidity of chamber air

Exposures can be conducted either with the relative humidity controlled at a specified level or allowing the relative humidity to find its own level (see Table 3).

6.6 Sets of exposure conditions

Table 3 lists various sets of conditions for exposures conducted with daylight filters (method A) and those conducted with window glass filters (method B).

If no other exposure conditions are specified, use cycle No. 1.

7 Procedure

7.1 General

It is recommended that at least three test specimens of each material evaluated be exposed in each run to allow statistical evaluation of the results.

7.2 Mounting the test specimens

Attach the specimens to the specimen holders in the equipment in such a manner that the specimens are not subject to any applied stress. Identify each test specimen by suitable indelible marking, avoiding areas to be used for subsequent testing. As a check, a plan of the test-specimen positions may be made.

If desired, in the case of specimens used to determine change in colour and appearance, a portion of each test specimen may be shielded by an opaque cover throughout the exposure. This gives an unexposed area adjacent to the exposed area for comparison. This is useful for checking the progress of the exposure, but the data reported shall always be based on a comparison with file specimens stored in the dark.

7.3 Exposure

Before placing the specimens in the test chamber, be sure that the apparatus is operating under the desired conditions (see Clause 6). Programme the apparatus with the selected conditions to operate continuously for the required number of cycles at the selected exposure conditions. Maintain these conditions throughout the exposure, keeping any interruptions to service the apparatus and to inspect the specimens to a minimum.

Expose the test specimens and, if used, the irradiance-measuring instrument for the specified period. Repositioning of the specimens during exposure is desirable and may be necessary. Follow the guidance in ISO 4892-1.

If it is necessary to remove a test specimen for periodic inspection, take care not to touch the exposed surface or alter it in any way. After inspection, return the specimen to its holder or to its place in the test chamber with its exposed surface oriented in the same direction as before.

7.4 Measurement of radiant exposure

If used, mount the radiometer so that it measures the irradiance at the exposed surface of the test specimen.

When radiant exposures are used, express the exposure interval in terms of incident radiant energy per unit area of the exposure plane, in joules per square metre (J/m²), in the wavelength band from 300 nm to 400 nm or in joules per square metre per nanometre [J/(m².nm)] at the wavelength selected (e.g. 340 nm).

7.5 Determination of changes in properties after exposure

These shall be determined as specified in ISO 4582.

8 Exposure report

Refer to ISO 4892-1.

Annex A (informative)

Filtered xenon-arc radiation — Spectral power distribution

A.1 General

CIE Publication No. 85:1989 provides data on spectral solar irradiance for typical atmospheric conditions and this data can be used as a basis for comparing laboratory light sources with daylight. The data used for filtered xenon-arc radiation are given in Table 4 in CIE No. 85:1989.

A.2 Spectral irradiance specification (UV region)

A.2.1 Xenon-arc lamps with daylight filters

The data given in CIE Publication No. 85:1989, Table 4, for the UV region (< 400 nm) represent the irradiance benchmark for xenon-arc lamps with daylight filters. Table 1 gives the CIE No. 85:1989, Table 4, benchmark data.

A.2.2 Xenon-arc lamps with window glass filters

The benchmark spectral data for xenon-arc lamps with window glass filters given in Table 2 were determined by modifying the data in the UV region given in CIE Publication No. 85:1989, Table 4, to allow for the transmission of typical window glass. The window glass transmittance used was based on the transmittance of 3-mm-thick window glass as given in Table B.2 of ISO 11341:2004. The CIE Publication No. 85:1989, Table 4, irradiance was multiplied by the appropriate transmittance of the window glass to determine the irradiance in each passband.

A.2.3 Specification limits

The spectral irradiance specifications given in Tables 1 and 2 are based on spectral irradiance data provided by 3M, Atlas Material Testing Technology, Q-Panel Lab Products, and Suga Test Instruments. The irradiance in each passband was totaled and then expressed as a percentage of the total irradiance between 290 nm and 400 nm. The specification limits given in Tables 1 and 2 are based on plus and minus 3 standard deviations from the mean of the data available. Assuming that the measurements are representative of the xenon-arc apparatus population, this range encompasses 99 % of this population.

Bibliography

- [1] CIE Publication No. 85:1989, *Solar spectral irradiance*
- [2] ISO 11341:2004, *Paints and varnishes — Artificial weathering and exposure to artificial radiation — Exposure to filtered xenon-arc radiation*
- [3] ASTM G 155, *Standard Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non-Metallic Materials*

ANEXO D

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
INGENIERÍA MECÁNICA

MEDICIÓN DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL EN MUESTRAS DE
MATERIALES COMPUESTOS

FEBRERO DE 2019
AMBATO – ECUADOR

INFORME TÉCNICO **Lb1-0010-2019**

Objetivo

Establecer y mantener un método para evaluar la rugosidad superficial de un objeto o pieza producto.

Alcance

Aplicable a medición de rugosidad en superficies planas de valores Rz entre $0,03 \mu\text{m}$ y $20 \mu\text{m}$.

Proceso de medida bajo normas: ISO 4287-1997, ISO 3274 y ISO 5436-1

ANTECEDENTES:

Con fecha 18 de enero de 2019, la Sr. Wilmer Flores, domiciliado en la ciudad de Ambato – Tungurahua, solicita al Centro de Transferencia y Tecnología de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, para medir la calidad superficial de dos materiales compuestos.

Se reciben 52 muestras o probetas, bajo el nombre de: **(Resina poliéster combinado con abacá)** de aspecto compuesto del 70% de matriz y 30% de refuerzo. Por anverso: color ocre claro y brillante, superficie lisa y forma regular; por reverso: color ocre oscuro, superficie lisa. Las muestras tienen dimensiones de las ranuras promedias de: 30 x 30 mm con 10 mm de espesor y 10 mm de diámetro.

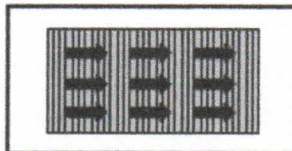
PROCESO GENERAL:

Alineación del objeto o pieza producto. Se procede antes de cada medición a alinear el objeto o pieza producto con el eje de desplazamiento del palpador.

Selección de los Parámetros a medir. Se selecciona los parámetros a medir en función de la información o documentación suministrada por el usuario o de las necesidades manifestadas por el mismo.

Antes de efectuar las respectivas mediciones de la rugosidad en las probetas se calibra el equipo de medición con la galga de calibración que debe estar cerca de $2,94 \mu\text{m}$ (Ra).

Las mediciones se realizan perpendicularmente a las líneas de mecanizado, como se indica en la figura adjunta.



Se efectuaron las mediciones de rugosidades superficiales de las probetas con las réplicas solicitadas por el usuario y los respectivos datos fueron registrados y tabulados.

CONDICIONES DE ENSAYO

- Temperatura: 20 °C
- Ángulo de la pendiente del cono: 60°
- Fuerza de medición estática: 0,75 mN
- Radio de la punta: 2um

Se selecciona el palpador en función de la medición a realizar y siguiendo los lineamientos del manual de fabricante del Rugosímetro.

Un criterio práctico aproximado de selección de palpadores podría ser el siguiente:

Ra	Palpadores de radio ap
$R_a \leq 0,4 \mu m$	2 μm o 2,4 μm
$0,4 \mu m \leq R_a \leq 6 \mu m$	5 μm
$R_a \geq 6 \mu m$	10 μm

Calibración de Equipo

Con la medición se puede verificar un error de 0.002 um con lo cual se asegura la fiabilidad de los resultados.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Centro de Transferencia y Tecnología
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS
DATOS INFORMATIVOS:

Fecha:	06/02/2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorios de Materiales de la FICM	Campus Huachi	
Equipo:	Rugosímetro digital MITUTOYO SurfTest SJ-210		
Realizado por:	Gustavo Pomaquero	Revisado por:	Ing. Sebastián Villegas
Tipo de material:	Material compuesto (Resina poliéster combinado con abacá)	Orden: 33	

PARÁMETROS DE ENSAYO


Tipo de Medición:	Medición de rugosidad (Ra)	Norma:	ISO 4287-1997
Dimensiones (mm):	30x30x10 mm	Nº de probetas:	52


Resultados de la medición de rugosidad (um)


Nº	CÓDIGO	H1	H2	V1	V2	PROMEDIO
1	M1.1	3.4	3.029	3.335	3.346	3.278
2		2.728	2.072	3.664	2.832	2.824
3	M1.2	2.912	1.8	2.059	2.468	2.310
4		3.48	1.755	2.183	3.775	2.798
5	M1.3	3.127	1.743	1.196	4.3	2.592
6		2.219	2.121	1.949	7.235	3.381
7	M1.4	1.779	3.113	2.173	4.282	2.837
8		3.91	2.688	2.406	4.171	3.294
9	M1.5	3.088	2.565	2.624	2.667	2.736
10		2.704	2.738	3.219	2.957	2.905
11	M2.1	2.772	3.094	4.164	4.756	3.697
12		3.203	3.057	1.963	1.943	2.542
13	M2.2	2.624	2.266	2.363	2.973	2.557
14		2.926	2.096	2.153	3.515	2.673

15		3.112	3.333	1.456	2.102	2.501
16	M2.3	1.885	1.415	1.254	2.107	1.665
17		2.755	1.771	1.086	3.176	2.197
18	M2.4	2.754	2.635	2.441	3.056	2.722
19		3.208	2.029	3.32	3.713	3.068
20	M2.5	2.58	2.071	1.918	3.664	2.558
21		3.181	1.228	2.443	2.37	2.306
22	M3.1	3.572	1.696	2.008	2.916	2.548
23		2.783	1.916	1.957	2.57	2.307
24	M3.2	3.633	2.629	2.433	3.225	2.980
25		1.829	2.353	2.555	3.513	2.563
26	M3.3	2.779	2.689	1.665	2.415	2.387
27		3.785	3.115	6.767	6.51	5.044
28	M4.1	6.815	4.776	4.338	3.857	4.947
29		5.946	4.598	2.005	5.467	4.504
30	M4.2	5.413	5.343	4.188	4.258	4.801
31		4.593	6.883	7.382	5.177	6.009
32	M4.3	5.658	7.866	3.46	5.447	5.608
33		4.342	3.387	4.332	5.962	4.506
34	M4.4	4.567	6.463	4.948	5.863	5.460
35		6.589	9.115	6.96	5.776	7.110
36	M4.5	5.647	10.328	4.532	5.731	6.560
37		3.959	2.489	4.563	5.969	4.245
38	M5.1	5.972	2.484	4.456	6.249	4.790
39		4.322	5.768	6.154	3.772	5.004
40	M5.2	6.743	6.183	5.699	6.125	6.188
41		5.351	4.962	3.879	4.75	4.736
42	M5.3	3.895	5.242	3.252	4.615	4.251
43		3.444	8.242	5.442	4.627	5.439
44	M5.4	4.246	8.992	5.942	5.229	6.102
45		4.315	9.573	3.111	3.919	5.230
46	M5.5	3.969	9.774	2.459	3.188	4.848
47		5.537	3.983	4.924	3.582	4.507
48	M6.1	4.392	2.911	5.618	5.032	4.488
49		2.171	5.572	5.779	4.932	4.614
50	M6.2	2.578	6.458	6.093	5.859	5.247
51		4.852	10.678	5.884	4.971	6.596
52	M6.3	5.964	7.309	5.478	6.347	6.275

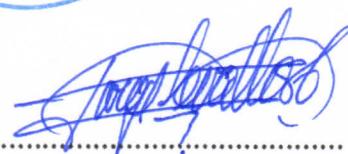



.....
Egdo. Gustavo Pomaquero
TÉCNICO LABORATORISTA




.....
Ing. Sebastián Villegas
TÉCNICO DE LABORATORIO




.....
Ing. Jorge Cevallos
COORDINADOR DE CTT



REPORTA TÉCNICO
Libro 0009-2019

Objetivo:

Establecer y mantener un patrón para evaluar la rugosidad superficial de un objeto a gran escala.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
INGENIERÍA MECÁNICA

ANTECEDENTES:

El día 18 de mayo de 2019, el Sr. Walter Flores, demandado en la ciudad de Ambato - Cotacachi, se dirigió al Centro de Transferencia y Tecnología de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato para solicitar la calidad superficial de una muestra compuesta.

MEDICIÓN DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL EN MUESTRAS DE MATERIALES COMPUESTOS

PLAZA DE INVESTIGACIÓN # 11:

Atendiendo al objeto a proveer y realizar el proceso de medición de rugosidad superficial en una muestra de un objeto a gran escala.

Saludando de los Parámetros a medir: Se seleccionan los parámetros a medir en función de la información a proporcionar y la información suministrada por el interesado, de las especificaciones técnicas para el objeto.

Acto de empezar los respectivos trabajos: En los trabajos se utilizó el equipo de medición por la gama de rugosidad de 0,1 a 100,0 μm (Ra).

Los resultados se realizaron según el método de medición de rugosidad, como se indica en la Norma técnica.

FEBRERO DE 2019
AMBATO - ECUADOR



Se observaron las mediciones de rugosidad superficial de las probetas con los siguientes resultados por el usuario y los respectivos datos fueron registrados y guardados.

INFORME TÉCNICO Lb1-0009-2019

Objetivo

Establecer y mantener un método para evaluar la rugosidad superficial de un objeto o pieza producto.

Alcance

Aplicable a medición de rugosidad en superficies planas de valores Rz entre 0,03 μm y 20 μm .

Proceso de medida bajo normas: ISO 4287-1997, ISO 3274 y ISO 5436-1

ANTECEDENTES:

Con fecha 18 de enero de 2019, el Sr. Walter Flores, domiciliado en la ciudad de Ambato – Tungurahua, solicita al Centro de Transferencia y Tecnología de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, para medir la calidad superficial de dos materiales compuestos.

Se reciben 26 muestras o probetas, bajo el nombre de: **(Resina epóxica combinado con abacá)** de aspecto compuesto del 70% de matriz y 30% de refuerzo. Por anverso: color ocre claro y brillante, superficie lisa y forma regular; por reverso: color ocre oscuro, superficie lisa. Las muestras tienen dimensiones de las ranuras promedias de: 30 x 30 mm con 10 mm de espesor y 10 mm de diámetro.

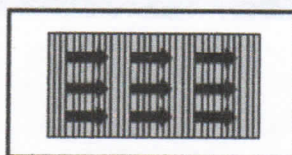
PROCESO GENERAL:

Alineación del objeto o pieza producto. Se procede antes de cada medición alinear el objeto o pieza producto con el eje de desplazamiento del palpador.

Selección de los Parámetros a medir. Se selecciona los parámetros a medir en función de la información o documentación suministrada por el usuario o de las necesidades manifestadas por el mismo.

Antes de efectuar las respectivas mediciones de la rugosidad en las probetas se calibra el equipo de medición con la galga de calibración que debe estar cerca de 2,94 μm (Ra).

Las mediciones se realizan perpendicularmente a las líneas de mecanizado, como se indica en la figura adjunta.



Se efectuaron las mediciones de rugosidades superficiales de las probetas con las réplicas solicitadas por el usuario y los respectivos datos fueron registrados y tabulados.

CONDICIONES DE ENSAYO

- Temperatura: 20 °C
- Ángulo de la pendiente del cono: 60°
- Fuerza de medición estática: 0,75 mN
- Radio de la punta: 2µm

Se selecciona el palpador en función de la medición a realizar y siguiendo los lineamientos del manual de fabricante del Rugosímetro.

Un criterio práctico aproximado de selección de palpadores podría ser el siguiente:

Ra	Palpadores de radio ap
$R_a \leq 0,4 \mu\text{m}$	2 μm o 2,4 μm
$0,4 \mu\text{m} \leq R_a \leq 6 \mu\text{m}$	5 μm
$R_a \geq 6 \mu\text{m}$	10 μm

Calibración de Equipo

Con la medición se puede verificar un error de 0.002 µm con lo cual se asegura la fiabilidad de los resultados.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Centro de Transferencia y Tecnología
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS
DATOS INFORMATIVOS:

Fecha:	06/02/2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorios de Materiales de la FICM	Campus Huachi	
Equipo:	Rugosímetro digital MITUTOYO SurfTest SJ-210		
Realizado por:	Gustavo Pomaquero	Revisado por:	Ing. Sebastián Villegas
Tipo de material:	Material compuesto (Resina epóxica combinado con abacá)	Orden: 32	

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Medición:	Medición de rugosidad (Ra)	Norma:	ISO 4287-1997
Dimensiones (mm):	30x30x10 mm	Nº de probetas:	26


Resultados de la medición de rugosidad (um)

Nº	CÓDIGO	H1	H2	V1	V2	PROMEDIO
1	M1.1	1.341	3.354	1.686	2.934	2.329
2		2.554	2.096	2.135	2.104	2.222
3		2.39	1.947	1.485	1.857	1.920
4	M1.2	2.222	1.6	2.273	1.907	2.001
5	M1.3	0.689	1.483	2.079	2.215	1.617
6		1.309	1.939	1.28	2.437	1.741
7		1.63	1.703	1.256	1.605	1.549
8	M1.4	3.148	1.949	1.555	2.401	2.263
9	M1.5	1.264	2.671	1.407	1.989	1.833
10		2.16	2.547	1.641	1.298	1.912
11		2.083	2.799	1.426	1.644	1.988
12	M2.1	2.216	1.716	1.638	2.243	1.953
13	M2.2	1.865	4.125	2.043	1.821	2.464
14		3.661	3.278	1.936	2.169	2.761
15		2.138	2.384	2.913	1.495	2.233

16		2.359	3.007	2.426	2.29	2.521
17		2.594	2.087	3.366	1.917	2.491
18	M2.4	2.586	2.103	2.048	1.659	2.099
19		2.572	1.028	1.346	2.119	1.766
20	M2.5	2.269	1.232	1.81	2.515	1.957
21		1.137	1.794	2.009	2.928	1.967
22	M3.1	2.392	2.331	2.585	2.562	2.468
23		1.38	1.874	2.246	2.424	1.981
24	M3.2	1.979	1.955	1.327	2.654	1.979
25		4.749	5.32	5.02	3.024	4.528
26	M3.3	2.005	3.255	1.851	1.934	2.261
27		2.942	2.936	2.747	3.23	2.964
28	M4.1	3.809	2.845	2.059	3.275	2.997
29		3.543	5.171	4.71	4.276	4.425
30	M4.2	5.063	5.873	4.547	4.36	4.961
31		5.003	6.585	3.345	6.963	5.474
32	M4.3	6.609	6.161	3.534	3.289	4.898
33		5.639	4.416	5.602	4.285	4.986
34	M4.4	4.562	5.028	4.623	3.727	4.485
35		5.389	5.438	2.848	2.553	4.057
36	M4.5	5.873	4.873	3.094	2.157	3.999
37		5.554	5.519	2.969	4.521	4.641
38	M5.1	5.744	5.951	2.538	3.197	4.358
39		4.487	5.614	3.799	3.996	4.474
40	M5.2	5.453	5.376	4.562	3.776	4.792
41		4.189	4.245	4.385	3.654	4.118
42	M5.3	4.149	3.888	3.358	3.239	3.659
43		5.685	4.089	4.01	5.842	4.907
44	M5.4	6.209	2.094	5.921	3.555	4.445
45		5.502	4.824	4.142	4.48	4.737
46	M5.5	5.643	5.82	4.821	4.504	5.197
47		5.681	6.745	3.975	3.824	5.056
48	M6.1	4.935	5.765	4.706	3.105	4.628
49		4.496	5.712	3.958	5.77	4.984
50	M6.2	5.521	5.224	4.348	4.236	4.832
51		3.31	4.622	5.042	4.051	4.256
52	M6.3	4.684	3.965	4.989	4.644	4.571



CTT - FICM

CENTRO DE TRANSFERENCIA Y TECNOLOGÍA FACULTAD INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA - UTA



[Handwritten signature]

Egdo. Gustavo Pomaquero
TÉCNICO LABORATORISTA



[Handwritten signature]

Ing. Sebastián Villegas
TÉCNICO DE LABORATORIO



[Handwritten signature]

Ing. Jorge Cevallos
COORDINADOR DE CTT



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
INGENIERIA MECANICA

MEASUREMENT OF SURFACE ROUGHNESS IN SAMPLES OF
COMPOSITE MATERIALS

PERIODO DE 2016
AMBATO - ECUADOR

ANEXO E



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180337140820190225-ETC	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Cristian Fabian Pérez Salinas.	
Dirección: Huachi Grande, Ambato.	
Núm. de cédula / RUC: 1803371408001	Teléfono: 0987854474
E-mail: cris_fps@hotmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales
Designación del material: Material compuesto con y sin exposición ultravioleta, varios tiempos: Yute 30%, Cascarilla de arroz 17%, Abacá 30%, distintas matrices: Poliéster y Epóxica.
Método de ensayo: ASTM D 3039/D 3039M Método de prueba estándar para propiedades de tracción de los materiales compuestos de matriz de polímero.

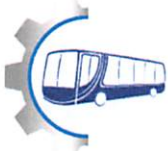
Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Exposición UV	Refuerzo	Fracción Volumétrica	Matriz	Probetas a Ensayar
1	180337140820190225-ETC 01	0 horas	Cascarilla arroz	Matriz 83% Refuerzo 17%	Poliéster	5
2	180337140820190225-ETC 02				Epóxica	5
3	180337140820190225-ETC 03		Abacá	Matriz 70% Refuerzo 30%	Poliéster	5
4	180337140820190225-ETC 04				Epóxica	5
5	180337140820190225-ETC 05	50 horas	Yute	Matriz 70% Refuerzo 30%	Poliéster	2
6	180337140820190225-ETC 06				Epóxica	3
7	180337140820190225-ETC 07		Cascarilla arroz	Matriz 83% Refuerzo 17%	Poliéster	3
8	180337140820190225-ETC 08				Epóxica	3
9	180337140820190225-ETC 09		Abacá	Matriz 70% Refuerzo 30%	Poliéster	2
10	180337140820190225-ETC 10				Epóxica	3
11	180337140820190225-ETC 11	100 horas	Yute	Matriz 70% Refuerzo 30%	Poliéster	2
12	180337140820190225-ETC 12				Epóxica	3
13	180337140820190225-ETC 13		Cascarilla arroz	Matriz 83% Refuerzo 17%	Poliéster	3
14	180337140820190225-ETC 14				Epóxica	3
15	180337140820190225-ETC 15		Abacá	Matriz 70% Refuerzo 30%	Poliéster	3
16	180337140820190225-ETC 16				Epóxica	2
17	180337140820190225-ETC 17	150 horas	Yute	Matriz 70% Refuerzo 30%	Poliéster	2
18	180337140820190225-ETC 18				Epóxica	3
19	180337140820190225-ETC 19		Cascarilla arroz	Matriz 83% Refuerzo 17%	Poliéster	3
20	180337140820190225-ETC 20				Epóxica	3
21	180337140820190225-ETC 21		Abacá	Matriz 70% Refuerzo 30%	Poliéster	3
22	180337140820190225-ETC 22				Epóxica	2
Total						68

Nota: La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es declarada por el cliente.



ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	180337140820190225-ETC 01-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
2	180337140820190225-ETC 01-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
3	180337140820190225-ETC 01-3	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
4	180337140820190225-ETC 01-4	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
5	180337140820190225-ETC 01-5	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
6	180337140820190225-ETC 02-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
7	180337140820190225-ETC 02-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
8	180337140820190225-ETC 02-3	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
9	180337140820190225-ETC 02-4	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
10	180337140820190225-ETC 02-5	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
11	180337140820190225-ETC 03-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
12	180337140820190225-ETC 03-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
13	180337140820190225-ETC 03-3	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
14	180337140820190225-ETC 03-4	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
15	180337140820190225-ETC 03-5	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
16	180337140820190225-ETC 04-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
17	180337140820190225-ETC 04-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
18	180337140820190225-ETC 04-3	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
19	180337140820190225-ETC 04-4	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
20	180337140820190225-ETC 04-5	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
21	180337140820190225-ETC 05-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
22	180337140820190225-ETC 05-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
23	180337140820190225-ETC 06-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
24	180337140820190225-ETC 06-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
25	180337140820190225-ETC 06-3	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
26	180337140820190225-ETC 07-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
27	180337140820190225-ETC 07-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
28	180337140820190225-ETC 07-3	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
29	180337140820190225-ETC 08-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
30	180337140820190225-ETC 08-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
31	180337140820190225-ETC 08-3	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
32	180337140820190225-ETC 09-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
33	180337140820190225-ETC 09-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
34	180337140820190225-ETC 10-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
35	180337140820190225-ETC 10-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
36	180337140820190225-ETC 10-3	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
37	180337140820190225-ETC 11-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
38	180337140820190225-ETC 11-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
39	180337140820190225-ETC 12-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
40	180337140820190225-ETC 12-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
41	180337140820190225-ETC 12-3	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
42	180337140820190225-ETC 13-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
43	180337140820190225-ETC 13-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
44	180337140820190225-ETC 13-3	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
45	180337140820190225-ETC 14-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
46	180337140820190225-ETC 14-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
47	180337140820190225-ETC 14-3	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
48	180337140820190225-ETC 15-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
49	180337140820190225-ETC 15-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
50	180337140820190225-ETC 15-3	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
51	180337140820190225-ETC 16-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
52	180337140820190225-ETC 16-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
53	180337140820190225-ETC 17-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
54	180337140820190225-ETC 17-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
55	180337140820190225-ETC 18-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15



56	180337140820190225-ETC 18-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
57	180337140820190225-ETC 18-3	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
58	180337140820190225-ETC 19-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
59	180337140820190225-ETC 19-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
60	180337140820190225-ETC 19-3	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
61	180337140820190225-ETC 20-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
62	180337140820190225-ETC 20-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
63	180337140820190225-ETC 20-3	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
64	180337140820190225-ETC 21-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
65	180337140820190225-ETC 21-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
66	180337140820190225-ETC 21-3	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
67	180337140820190225-ETC 22-1	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15
68	180337140820190225-ETC 22-2	Cumple con criterios dimensionales	2019/02/15

DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con las dimensiones de ensayo.

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.

Elaborado por:		Aprobado por:
Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente		



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS
INFORME DE RESULTADOS N°: 180337140820190225-ETC

DATOS GENERALES

DATOS INFORMATIVOS:

N° de proforma: RM_2019_018

Empresa / Cliente: Cristian Fabian Pérez Salinas.

RUC/C.I.: 1803371408001

Ciudad: Ambato.

Dirección: Huachi Grande.

Teléfono: 0987854474

Correo: cris_fps@hotmail.com

DATOS DEL ENSAYO:

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.

Dirección: Ambato/Catiglata. Toronto y Río 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: Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50KN

Modelo: MTE-50.

Serie: 8210M002

Velocidad de ensayo: 10 mm/min.

Precarga: 0 KN.

Fecha de Inicio de Ensayo: 2019/02/27. **Fecha de Finalización de Ensayo:** 2019/02/28.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de *Material compuesto*. 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	Exposición UV	Refuerzo	Fracción Volumétrica	Matriz	Probetas a Ensayar
1	180337140820190225-ETC 01	0 horas	Cascarilla arroz	Matriz 83% Refuerzo 17%	Poliéster	5
2	180337140820190225-ETC 02				Epóxica	5
3	180337140820190225-ETC 03		Abacá	Matriz 70% Refuerzo 30%	Poliéster	5
4	180337140820190225-ETC 04				Epóxica	5

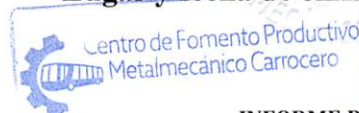
Nota: La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es declarada por el cliente.

Observaciones: Ninguna.

Elaborado por:	Aprobado por:	
Ing. Fernando Galarza Mg.	Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Esteban López Espinel MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

Lugar y fecha de emisión de informe: Ambato, 01 de marzo de 2019

N° de Factura: 001-002-000006579





N°	Identificación del grupo	Exposición UV	Refuerzo	Fracción Volumétrica	Matriz	Probetas a Ensayar
5	180337140820190225-ETC 05	50 horas	Yute	Matriz 70% Refuerzo 30%	Poliéster	2
6	180337140820190225-ETC 06				Epóxica	3
7	180337140820190225-ETC 07		Cascarilla arroz	Matriz 83% Refuerzo 17%	Poliéster	3
8	180337140820190225-ETC 08				Epóxica	3
9	180337140820190225-ETC 09		Abacá	Matriz 70% Refuerzo 30%	Poliéster	2
10	180337140820190225-ETC 10				Epóxica	3
11	180337140820190225-ETC 11	100 horas	Yute	Matriz 70% Refuerzo 30%	Poliéster	2
12	180337140820190225-ETC 12				Epóxica	3
13	180337140820190225-ETC 13		Cascarilla arroz	Matriz 83% Refuerzo 17%	Poliéster	3
14	180337140820190225-ETC 14				Epóxica	3
15	180337140820190225-ETC 15		Abacá	Matriz 70% Refuerzo 30%	Poliéster	3
16	180337140820190225-ETC 16				Epóxica	2
17	180337140820190225-ETC 17	150 horas	Yute	Matriz 70% Refuerzo 30%	Poliéster	2
18	180337140820190225-ETC 18				Epóxica	3
19	180337140820190225-ETC 19		Cascarilla arroz	Matriz 83% Refuerzo 17%	Poliéster	3
20	180337140820190225-ETC 20				Epóxica	3
21	180337140820190225-ETC 21		Abacá	Matriz 70% Refuerzo 30%	Poliéster	3
22	180337140820190225-ETC 22				Epóxica	2
Total						68



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	180337140820190225-ETC 01-1	24,9	49,4	26,24	4,65	594,83	4,88	563,04	0,87	LGM
2	180337140820190225-ETC 01-2	24,9	49,4	27,34	3,78	738,41	7,15	480,07	1,49	LGT
3	180337140820190225-ETC 01-3	24,9	49,4	26,35	4,17	388,14	3,53	423,04	0,84	LGB
4	180337140820190225-ETC 01-4	24,9	49,4	25,5	4,39	642,17	5,74	316,06	1,82	LGM
5	180337140820190225-ETC 01-5	24,9	49,4	25,59	4,42	405,5	3,59	334,01	1,07	LGB
Promedio \bar{X}						553,810	4,975	423,246	1,216	
Desviación estándar S_{n-1}						152,487	1,526	102,742	0,425	
Coeficiente de variación CV						27,534	30,670	24,275	34,931	

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					
6	180337140820190225-ETC 02-1	25,5	47,1	26,88	4,18	1072,91	9,55	448,66	2,13	LGT
7	180337140820190225-ETC 02-2	25,5	47,1	26,15	4,09	1153,38	10,78	501,00	2,15	LGT
8	180337140820190225-ETC 02-3	25,5	47,1	27,26	4,21	949,84	8,28	418,35	1,98	LGM
9	180337140820190225-ETC 02-4	25,5	47,1	26,48	4,01	1249,62	11,77	479,69	2,45	LGM
10	180337140820190225-ETC 02-5	25,5	47,1	26,6	4,07	1104,46	10,20	504,20	2,02	LGT
Promedio \bar{X}						1106,042	10,116	470,380	2,147	
Desviación estándar S_{n-1}						109,949	1,312	36,560	0,186	
Coeficiente de variación CV						9,941	12,973	7,772	8,649	



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					
11	180337140820190225-ETC 03-1	21	62,2	26,91	4,93	5250,94	39,58	441,78	8,96	LGT
12	180337140820190225-ETC 03-2	21	62,2	28,2	4,07	6882,39	59,96	676,61	8,86	AGT
13	180337140820190225-ETC 03-3	21	62,2	27,6	4,28	5156,27	43,65	521,14	8,38	LGM
14	180337140820190225-ETC 03-4	21	62,2	28,73	5,12	5504,97	37,42	295,14	12,68	LAB
15	180337140820190225-ETC 03-5	21	62,2	28,39	5,52	3630,53	23,17	272,23	8,51	DAT
Promedio \bar{X}						5285,020	40,757	441,381	9,478	
Desviación estándar S_{n-1}						1157,048	13,221	167,103	1,806	
Coeficiente de variación CV						21,893	32,439	37,859	19,060	

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					
16	180337140820190225-ETC 04-1	21,8	59,3	26,42	4,86	8108,35	63,15	836,77	7,55	LGT
17	180337140820190225-ETC 04-2	21,8	59,3	26,66	4,48	6640,99	55,60	845,45	6,58	LGB
18	180337140820190225-ETC 04-3	21,8	59,3	26,32	4,63	8187,24	67,18	942,17	7,13	LGT
19	180337140820190225-ETC 04-4	21,8	59,3	25,83	4,85	6682,01	53,34	726,93	7,34	LAD
20	180337140820190225-ETC 04-5	21,8	59,3	26,1	4,7	6977,06	56,88	758,27	7,50	LGM
Promedio \bar{X}						7319,130	59,230	821,920	7,219	
Desviación estándar S_{n-1}						767,999	5,745	84,127	0,394	
Coeficiente de variación CV						10,493	9,700	10,235	5,459	

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					
21	180337140820190225-ETC 05-1	21,9	58,9	23,45	4,47	1896,52	18,09	654,55	2,76	LGB
22	180337140820190225-ETC 05-2	21,9	58,9	24,06	4,39	1898,10	17,97	624,52	2,88	LGB
Promedio \bar{X}						1897,310	18,032	639,533	2,821	
Desviación estándar S_{n-1}						1,117	0,087	21,237	0,080	
Coeficiente de variación CV						0,059	0,480	3,321	2,841	

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					
23	180337140820190225-ETC 06-1	22	58,6	24,91	3,51	2947,34	33,71	753,70	4,47	LIB
24	180337140820190225-ETC 06-2	22	58,6	24,81	3,51	3245,55	37,27	815,82	4,57	LGB
25	180337140820190225-ETC 06-3	22	58,6	24,86	3,42	3294,46	38,75	671,55	5,77	LGB
Promedio \bar{X}						3162,450	36,576	747,027	4,937	
Desviación estándar S_{n-1}						187,889	2,590	72,366	0,723	
Coeficiente de variación CV						5,941	7,082	9,687	14,645	

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					
26	180337140820190225-ETC 07-1	21,9	58,8	25,11	3,73	545,92	5,83	372,44	1,57	LGB
27	180337140820190225-ETC 07-2	21,9	58,8	25,73	4,04	692,66	6,66	478,24	1,39	LGB
28	180337140820190225-ETC 07-3	21,9	58,8	25,79	3,79	817,3	8,36	519,36	1,61	AGB
Promedio \bar{X}						685,293	6,951	456,679	1,523	
Desviación estándar S_{n-1}						135,840	1,291	75,792	0,114	
Coeficiente de variación CV						19,822	18,569	16,596	7,509	



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					
29	180337140820190225-ETC 08-1	22,1	58,1	26,24	4,12	1270,13	11,75	475,97	2,47	LGM
30	180337140820190225-ETC 08-2	22,1	58,1	24,41	4,15	998,75	9,86	527,46	1,87	AGB
31	180337140820190225-ETC 08-3	22,1	58,1	26,62	3,72	1353,76	13,67	552,54	2,47	LGT
Promedio \bar{X}						1207,547	11,760	518,659	2,271	
Desviación estándar S_{n-1}						185,595	1,906	39,034	0,348	
Coeficiente de variación CV						15,370	16,206	7,526	15,310	

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					
32	180337140820190225-ETC 09-1	22,3	57,1	26,74	4,31	5907,31	51,26	748,46	6,85	AGB
33	180337140820190225-ETC 09-2	22,3	57,1	26,3	4,29	7311,56	64,80	899,32	7,21	LGT
Promedio \bar{X}						6609,435	58,030	823,886	7,027	
Desviación estándar S_{n-1}						992,955	9,579	106,675	0,253	
Coeficiente de variación CV						15,023	16,507	12,948	3,597	

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					
34	180337140820190225-ETC 10-1	22,7	56,2	27,04	4,83	8286,64	63,45	932,27	6,81	LIB
35	180337140820190225-ETC 10-2	22,7	56,2	26,68	3,7	4652,95	47,13	823,55	5,72	LIB
36	180337140820190225-ETC 10-3	22,7	56,2	26,76	4,55	9094,48	74,69	1195,89	6,25	LIT
Promedio \bar{X}						7344,690	61,759	983,905	6,258	
Desviación estándar S_{n-1}						2365,851	13,857	191,461	0,541	
Coeficiente de variación CV						32,212	22,437	19,459	8,650	



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					
37	180337140820190225-ETC 11-1	23	55,5	23,45	4,43	2160,02	20,79	789,60	2,63	LGB
38	180337140820190225-ETC 11-2	23	55,5	24,11	3,89	1894,95	20,20	604,48	3,34	LGM
Promedio \bar{X}						2027,485	20,499	697,037	2,988	
Desviación estándar S_{n-1}						187,433	0,416	130,900	0,501	
Coeficiente de variación CV						9,245	2,029	18,779	16,783	

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					
39	180337140820190225-ETC 12-1	23,6	54,3	24,76	3,46	3064,1	35,77	731,42	4,89	LIB
40	180337140820190225-ETC 12-2	23,6	54,3	24,94	3,28	3392,28	41,47	696,37	5,96	LIT
41	180337140820190225-ETC 12-3	23,6	54,3	24,92	3,50	3438,04	39,42	714,42	5,52	LIB
Promedio \bar{X}						3298,140	38,884	714,069	5,454	
Desviación estándar S_{n-1}						203,972	2,888	17,528	0,535	
Coeficiente de variación CV						6,184	7,428	2,455	9,815	

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					
42	180337140820190225-ETC 13-1	23,8	53,7	25,53	4,4	937,22	8,34	415,78	2,01	LGM
43	180337140820190225-ETC 13-2	23,8	53,7	25,81	4,15	934,06	8,72	496,66	1,76	LGM
44	180337140820190225-ETC 13-3	23,8	53,7	24,79	3,73	553,81	5,99	513,37	1,17	LGB
Promedio \bar{X}						808,363	7,684	475,268	1,643	
Desviación estándar S_{n-1}						220,455	1,480	52,192	0,431	
Coeficiente de variación CV						27,272	19,260	10,982	26,244	



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					
45	180337140820190225-ETC 14-1	24	53,2	26,57	4,03	1197,55	11,18	550,71	2,03	LGM
46	180337140820190225-ETC 14-2	24	53,2	24,83	3,78	810,99	8,64	556,27	1,55	LIB
47	180337140820190225-ETC 14-3	24	53,2	25,94	4,06	916,7	8,70	473,27	1,84	LGB
Promedio \bar{X}						975,080	9,510	526,749	1,808	
Desviación estándar S_{n-1}						199,783	1,450	46,396	0,240	
Coeficiente de variación CV						20,489	15,252	8,808	13,292	

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					
48	180337140820190225-ETC 15-1	24,1	52,6	25,78	4,39	4389,46	38,78	547,81	7,08	LGM
49	180337140820190225-ETC 15-2	24,1	52,6	26,15	4,18	6609,43	60,47	940,75	6,43	LIB
50	180337140820190225-ETC 15-3	24,1	52,6	26,91	4,44	5366,12	44,91	747,81	6,01	LIB
Promedio \bar{X}						5455,003	48,055	745,456	6,504	
Desviación estándar S_{n-1}						1112,651	11,177	196,480	0,541	
Coeficiente de variación CV						20,397	23,259	26,357	8,320	

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					
51	180337140820190225-ETC 16-1	24,8	49,6	25,49	4,52	7865,37	68,27	1199,24	5,69	LGB
52	180337140820190225-ETC 16-2	24,8	49,6	25,91	4,69	8930,39	73,49	1102,91	6,66	LGT
Promedio \bar{X}						8397,880	70,879	1151,076	6,178	
Desviación estándar S_{n-1}						753,083	3,693	68,122	0,686	
Coeficiente de variación CV						8,968	5,211	5,918	11,112	

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					
53	180337140820190225-ETC 17-1	25,1	49,2	24,24	4,14	2118,99	21,12	701,89	3,01	LGB
54	180337140820190225-ETC 17-2	25,1	49,2	25,21	4,79	2237,33	18,53	547,21	3,39	LGM
Promedio \bar{X}						2178,160	19,821	624,552	3,197	
Desviación estándar S_{n-1}						83,679	1,830	109,374	0,267	
Coeficiente de variación CV						3,842	9,231	17,512	8,349	

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					
55	180337140820190225-ETC 18-1	25,5	48,3	24,88	3,82	2743,81	28,87	729,95	3,96	LGT
56	180337140820190225-ETC 18-2	25,5	48,3	24,87	3,94	3075,14	31,38	608,79	5,16	LIB
57	180337140820190225-ETC 18-3	25,5	48,3	24,92	3,55	2794,29	31,59	746,27	4,23	LGB
Promedio \bar{X}						2871,080	30,613	695,003	4,448	
Desviación estándar S_{n-1}						178,514	1,513	75,112	0,628	
Coeficiente de variación CV						6,218	4,943	10,807	14,125	

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					
58	180337140820190225-ETC 19-1	25,6	48,2	26,69	3,67	730,52	7,46	552,10	1,35	LGM
59	180337140820190225-ETC 19-2	25,6	48,2	26,47	4,1	918,28	8,46	589,98	1,43	LGM
60	180337140820190225-ETC 19-3	25,6	48,2	26,16	3,75	733,68	7,48	486,17	1,54	LGM
Promedio \bar{X}						794,160	7,799	542,749	1,441	
Desviación estándar S_{n-1}						107,503	0,573	52,533	0,094	
Coeficiente de variación CV						13,537	7,351	9,679	6,519	



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					
61	180337140820190225-ETC 20-1	25,6	48	26,01	4,01	1006,64	9,65	518,66	1,86	LGB
62	180337140820190225-ETC 20-2	25,6	48	25,29	3,86	758,92	7,77	448,95	1,73	LIB
63	180337140820190225-ETC 20-3	25,6	48	26,31	3,87	796,79	7,83	470,47	1,66	LGM
Promedio \bar{X}						854,117	8,417	479,359	1,752	
Desviación estándar S_{n-1}						133,439	1,069	35,696	0,100	
Coeficiente de variación CV						15,623	12,704	7,447	5,725	

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					
64	180337140820190225-ETC 21-1	25,7	48,2	26,53	4,09	5359,81	49,40	883,64	5,59	LIT
65	180337140820190225-ETC 21-2	25,7	48,2	27,51	3,81	4897,51	46,73	801,02	5,83	LGT
66	180337140820190225-ETC 21-3	25,7	48,2	27,71	4,22	4577,22	39,14	562,87	6,95	LGT
Promedio \bar{X}						4944,847	45,088	749,177	6,126	
Desviación estándar S_{n-1}						393,437	5,319	166,552	0,728	
Coeficiente de variación CV						7,956	11,797	22,231	11,878	

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					
67	180337140820190225-ETC 22-1	25,8	48,9	26,6	4,56	8805,74	72,60	1160,93	6,25	LIT
68	180337140820190225-ETC 22-2	25,8	48,9	26,91	3,93	4585,11	43,36	696,94	6,22	LGB
Promedio \bar{X}						6695,425	57,976	928,937	6,237	
Desviación estándar S_{n-1}						2984,436	20,677	328,094	0,023	
Coeficiente de variación CV						44,574	35,665	35,319	0,368	



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	Tipo de falla	Segundo carácter	Área de la falla	Tercer carácter	Localización de falla
L	Lateral	A	En el agarre	T	Parte superior
G	Agarre	I	Dentro del agarre	U	Desconocido
A	Angular	G	Zona calibrada	M	Medio
D	Delaminación	U	Desconocido	B	Parte Inferior



HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180337140820190225-ETC	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Cristian Fabian Pérez Salinas.	
Dirección: Huachi Grande, Ambato.	
Núm. de cédula / RUC: 1803371408001	Teléfono: 0987854474
E-mail: cris_fps@hotmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales.
Designación del material: Material compuesto con y sin exposición ultravioleta, varios tiempos: Yute 30%, Cascarilla de arroz 17%, Abacá 30%, distintas matrices: Poliéster y Epóxica.
Método de ensayo: ASTM D3039-2015: Método de prueba estándar para propiedades de tracción de materiales compuestos de matriz de polimérica.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180337140820190225-ETC 01-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
2	180337140820190225-ETC 01-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
3	180337140820190225-ETC 01-3	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
4	180337140820190225-ETC 01-4	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
5	180337140820190225-ETC 01-5	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	



Nº	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
6	180337140820190225-ETC 02-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
7	180337140820190225-ETC 02-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
8	180337140820190225-ETC 02-3	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
9	180337140820190225-ETC 02-4	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
10	180337140820190225-ETC 02-5	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
11	180337140820190225-ETC 03-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
12	180337140820190225-ETC 03-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
13	180337140820190225-ETC 03-3	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
14	180337140820190225-ETC 03-4	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
15	180337140820190225-ETC 03-5	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
16	180337140820190225-ETC 04-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
17	180337140820190225-ETC 04-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
18	180337140820190225-ETC 04-3	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
19	180337140820190225-ETC 04-4	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
20	180337140820190225-ETC 04-5	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
21	180337140820190225-ETC 05-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
22	180337140820190225-ETC 05-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	



Nº	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
23	180337140820190225-ETC 06-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
24	180337140820190225-ETC 06-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
25	180337140820190225-ETC 06-3	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
26	180337140820190225-ETC 07-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
27	180337140820190225-ETC 07-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
28	180337140820190225-ETC 07-3	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
29	180337140820190225-ETC 08-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
30	180337140820190225-ETC 08-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
31	180337140820190225-ETC 08-3	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
32	180337140820190225-ETC 09-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
33	180337140820190225-ETC 09-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
34	180337140820190225-ETC 10-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
35	180337140820190225-ETC 10-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
36	180337140820190225-ETC 10-3	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
37	180337140820190225-ETC 11-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
38	180337140820190225-ETC 11-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
39	180337140820190225-ETC 12-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
40	180337140820190225-ETC 12-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
41	180337140820190225-ETC 12-3	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
42	180337140820190225-ETC 13-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
43	180337140820190225-ETC 13-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
44	180337140820190225-ETC 13-3	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
45	180337140820190225-ETC 14-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
46	180337140820190225-ETC 14-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
47	180337140820190225-ETC 14-3	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
48	180337140820190225-ETC 15-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
49	180337140820190225-ETC 15-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
50	180337140820190225-ETC 15-3	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
51	180337140820190225-ETC 16-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
52	180337140820190225-ETC 16-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
53	180337140820190225-ETC 17-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
54	180337140820190225-ETC 17-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
55	180337140820190225-ETC 18-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
56	180337140820190225-ETC 18-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
57	180337140820190225-ETC 18-3	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
58	180337140820190225-ETC 19-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
59	180337140820190225-ETC 19-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
60	180337140820190225-ETC 19-3	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	



Nº	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
61	180337140820190225-ETC 20-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
62	180337140820190225-ETC 20-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
63	180337140820190225-ETC 20-3	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
64	180337140820190225-ETC 21-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
65	180337140820190225-ETC 21-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
66	180337140820190225-ETC 21-3	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
67	180337140820190225-ETC 22-1	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	
68	180337140820190225-ETC 22-2	2019/02/15	2019/03/01	Cliente	Se entrega al cliente.	

Todas las muestras de los grupos por acuerdo, son entregadas al cliente, el CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las mismas, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

Elaborado por:	Aprobado por:	
Ing. Fernando Galarza Chacón Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente		

ANEXO F



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)
CENTRO DE INVESTIGACIONES APLICADAS A POLÍMEROS
C I A P



Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte. Direc.: Ladrón de Guevara E11-253
Personas de Contacto: Tlga. Elizabeth Venegas
Troncal: 2976300 ext. 2122, 2120, 2121. E-mail: elisabeth.venegas@epn.edu.ec / lizvenegas4@yahoo.es
Quito- Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS

ORDEN DC-OT0001-2019

Proforma:	DC-P0605-2019
Empresa solicitante:	Cristian Pérez
Dirección:	Panamericana Sur km 8,5 vía a Riobamba
Fecha de recepción de muestra:	04-01-2019
Fecha de entrega de resultados:	08-02-2019
Análisis solicitados:	150 horas de exposición en cámara de xenón Elaboración de informe por cada ensayo Revisión por cada muestra

Importante: Los resultados que constan en el presente informe conciernen exclusivamente a las muestras, artículos o materiales entregados al CIAP y no se extienden a lotes de producción o marcas. La reproducción total o parcial de este informe se la hará previa la autorización expresa del DECAB de la E.P.N.



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)
CENTRO DE INVESTIGACIONES APLICADAS A POLÍMEROS
C I A P

Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte. Direc.: Ladrón de Guevara E11-253
Personas de Contacto: Tlga. Elizabeth Venegas
Troncal: 2976300 ext. 2122, 2120, 2121. E-mail: elisabeth.venegas@epn.edu.ec / lizvenegas4@yahoo.es
Quito- Ecuador



INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS O TRABAJO

ORDEN: DC-OT0001-2019

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S) Y SERVICIO (S)

No. muestra	ID Muestra	Descripción de muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
1	DC-MU4815	MUESTRAS COMPUESTAS	150 horas exposición en cámara de xenón	CIAP
1	DC-MU4815	MUESTRAS COMPUESTAS	Revisión por cada muestra	CIAP
1	DC-MU4815	MUESTRAS COMPUESTAS	Elaboración de informe por cada ensayo	CIAP

1. Ensayo en cámara de arco de xenón

Antecedentes:

Sobre las muestras que se presentan a continuación, el cliente solicitó realizar ensayos de degradación acelerada en cámara de arco de xenón (para simular el ataque de la radiación UV) al cabo de 50, 100 y 150 horas de ensayo, de acuerdo con la norma ASTM G155-13 "Standard Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non-Metallic Materials".

El cliente hizo la entrega de 3 muestras. Las mismas que se detallan a continuación:

Muestra # 1A: ARROZ (AZ) EPOXI

Muestra # 1B: ARROZ POLIESTER

Muestra # 2A: ABACÁ (AB) EPOXI

Muestra # 2B: ABACÁ POLIESTER

Muestra # 3A: YUTE (YT) EPOXI

Muestra # 3B: YUTE POLIESTER





ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)
CENTRO DE INVESTIGACIONES APLICADAS A POLÍMEROS

C I A P

Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte. Direc.: Ladrón de Guevara E11-253

Personas de Contacto: Tlga. Elizabeth Venegas

Troncal: 2976300 ext. 2122, 2120, 2121. E-mail: elisabeth.venegas@epn.edu.ec / lizvenegas4@yahoo.es

Quito- Ecuador



Metodología:

- ✓ Se procedió a realizar el ensayo directamente sobre las muestras tal cual fueron entregadas por el cliente, sin que se las haya sometido a ningún proceso preparativo o de limpieza.
- ✓ Se siguió el procedimiento estipulado en la norma ASTM G155- 13 “*Standard Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non-Metallic Materials*”, con las siguientes condiciones:
 - Longitud de onda: 340 nm
 - Radiación: 0.35W/m²
 - Temperatura: 60±5 °C
 - Energía de exposición: ~2.0kJ/m².h
- ✓ Se realizó una evaluación visual de las muestras para evaluar los cambios registrados con respecto a su estado inicial para lo cual se tomaron registros fotográficos al inicio y al cabo de 50, 100 y 150 horas del ensayo.

Equipos:

- ✓ Cámara de arco de xenón Q-SUN
(En las fotografías No. 1, 2 y 3, a pedido del cliente. se muestran el equipo y las muestras antes de ser ensayadas)



Fotografía No. 1: Cámara de arco de xenón Q-Sun



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)
CENTRO DE INVESTIGACIONES APLICADAS A POLÍMEROS

C I A P

Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte. Direc.: Ladrón de Guevara E11-253

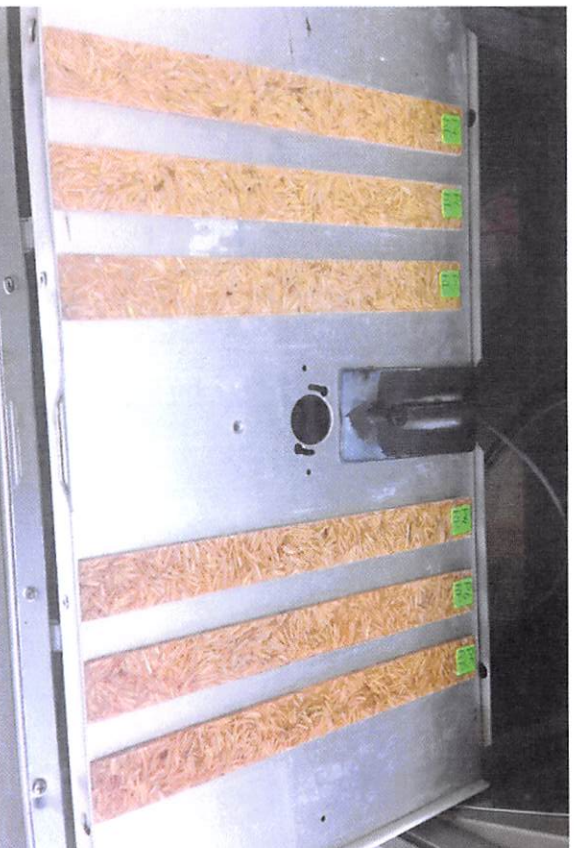
Personas de Contacto: Tíga, Elizabeth Venegas

Troncal: 2976300 ext. 2122, 2120, 2121. E-mail: elisabeth.venegas@depn.edu.ec / lizvenegas4@yahoo.es

Quito- Ecuador



Fotografía No. 2: Muestras antes de ser ensayadas en la cámara de xenón



Fotografía No. 3: Muestras antes de ser ensayadas en la cámara de xenón










ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)
CENTRO DE INVESTIGACIONES APLICADAS A POLÍMEROS

C I A P

Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte. Direc.: Ladrón de Guevara E11-253
Personas de Contacto: Tlga. Elizabeth Venegas
Troncal: 2976300 ext. 2122, 2120, 2121. E-mail: elisabeth.venegas@epn.edu.ec / lizvenegas4@yahoo.es
Quito- Ecuador



Muestra # 2A: ABACÁ (AB) EPOXI

ESTÁNDAR	50 HORAS		100 HORAS		150 HORAS	
	1	2	1	2	1	2
						
	COLOR: Se torna de un color amarillento leve TEXTURA: No hay cambio apreciable ASPECTO: No hay cambio apreciable		COLOR: Se torna de un color amarillento marrón TEXTURA: No hay cambio apreciable ASPECTO: No hay cambio apreciable		COLOR: Se torna de un color amarillento marrón TEXTURA: No hay cambio apreciable ASPECTO: No hay cambio apreciable	















**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)
CENTRO DE INVESTIGACIONES APLICADAS A POLÍMEROS**

C I A P

Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte. Direc.: Ladrón de Guevara E11-253
Personas de Contacto: Tlga. Elizabeth Venegas
Troncal: 2976300 ext. 2122, 2120, 2121. E-mail: elisabeth.venegas@epn.edu.ec / lizvenegas4@yahoo.es
Quito- Ecuador



Muestra # 2B: ABACÁ POLIESTER

ESTÁNDAR	50 HORAS			100 HORAS			150 HORAS		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
									
	<p>COLOR: Se percibe un blanqueamiento leve en la fibra de abaca TEXTURA: No hay cambio apreciable ASPECTO: No hay cambio apreciable</p>			<p>COLOR: Se percibe un blanqueamiento leve en la fibra de abaca TEXTURA: No hay cambio apreciable ASPECTO: No hay cambio apreciable</p>			<p>COLOR: Se percibe un blanqueamiento leve en la fibra de abaca TEXTURA: No hay cambio apreciable ASPECTO: Desgaste de superficie, pérdida de brillo y presencia de manchas blancas opacas.</p>		



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)
CENTRO DE INVESTIGACIONES APLICADAS A POLÍMEROS

C I A P

Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte. Direc.: Ladrón de Guevara E11-253
Personas de Contacto: Tlga. Elizabeth Venegas
Troncal: 2976300 ext. 2122, 2120, 2121. E-mail: elisabeth.venegas@epn.edu.ec / lizvenegas4@yahoo.es
Quito- Ecuador



PROFESIONAL RESPONSABLE
DEL ANÁLISIS

Tlga. Elizabeth Venegas

AUTORIDAD AUTENTICADORA
(DIRECTOR CIAP)



Ing. Francisco Quiroz

QUEJAS Y SUGERENCIAS

El cliente puede canalizar las quejas sobre los resultados de los análisis, sobre el tiempo de entrega del informe u otro aspecto, a través del Jefe del DECAB (francisco.quiroz@epn.edu.ec) hasta 8 días después de la entrega del informe. En el DECAB se mantiene un registro de quejas y sugerencias con el fin de mejorar el servicio.

El laboratorio no se responsabiliza por el muestreo realizado antes de la entrega de las muestras al DECAB, pero si se responsabiliza de las muestras recibidas en las condiciones tal como las entrega el cliente.