



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:

**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.**

AUTOR: Moya Moya Edwin Rolando

TUTOR: Ing. Mg. Henry Vaca

AMBATO – ECUADOR

2018

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del Trabajo experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema **“ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS DE TALADRADO EN UN COMPOSITE DE MATRIZ POLIÉSTER CON REFUERZO HÍBRIDO DE FIBRA D VIDRIO MAS FIBRA DE CABUYA Y SU INCIDENCIA EN LAS CARACTERÍSTICAS DE ACABADO SUPERFICIAL”**, elaborado por el Sr. Edwin Rolando Moya Moya, portador de la cédula de ciudadanía: 1805169651, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

.....
Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Edwin Rolando Moya Moya con CI. 1805169651 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema **“ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS DE TALADRADO EN UN COMPOSITE DE MATRIZ POLIÉSTER CON REFUERZO HÍBRIDO DE FIBRA D VIDRIO MAS FIBRA DE CABUYA Y SU INCIDENCIA EN LAS CARACTERÍSTICAS DE ACABADO SUPERFICIAL”** así como también los análisis estadísticos, gráficos , conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor de la investigación, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

.....
Edwin Rolando Moya Moya

c.c.: 1805169651

Autor

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga 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 una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, abril del 2018.

.....

Edwin Rolando Moya Moya

c.c.: 1805169651

Autor

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del trabajo experimental realizado por el estudiante Edwin Rolando Moya Moya de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: **“ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS DE TALADRADO EN UN COMPOSITE DE MATRIZ POLIÉSTER CON REFUERZO HÍBRIDO DE FIBRA D VIDRIO MAS FIBRA DE CABUYA Y SU INCIDENCIA EN LAS CARACTERÍSTICAS DE ACABADO SUPERFICIAL”**

Ambato, Abril del 2018

Para constancia firman:

.....

Ing. Mg. Juan Paredes

.....

Ing. Mg. Cristian Pérez

DEDICATORIA

Éste logro se lo dedico a mi familia, a mi madre Piedad Moya que ha sabido ser madre y padre a la vez, que con esfuerzo y trabajo me ha dado el ejemplo para ser una persona de bien y salir adelante ante cualquier adversidad.

A mis hermanos Fabián y Leticia que me han apoyado incondicionalmente a lo larga de ésta travesía llamada vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a toda mi familia por haber confiado en mí y apoyarme sin contemplaciones ni remordimiento para lograr cumplir ésta meta profesional.

A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por darme la oportunidad de superarme académicamente día a día, al igual que a todos los docentes que sin egoísmo alguno impartieron conocimientos en mí.

A mi Tutor Ing. Mg. Henry Vaca por haberme apoyado a culminar con éxito el presente trabajo de investigación y alcanzar un peldaño más en mi vida.

Agradezco de manera muy especial al Ing. Mg. Christian Pérez, quien sin egolatría me brindo su ayuda para plantear el presente estudio de investigación.

Agradezco a todos mis amigos que entre risas y difíciles parciales hicieron de la etapa universitaria una experiencia sin igual.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	I
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	I
DERECHOS DE AUTOR	i
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	i
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VII
RESUMEN EJECUTIVO	XVII
ABSTRACT.....	XVIII

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES.....	1
1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	1
1.2 ANTECEDENTES	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 Objetivo General:.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos:.....	5

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN	6
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
2.1.1 Materiales Compuestos (Composites).....	6
2.1.2 Refuerzos inorgánico- orgánico	7
2.1.2.1 Fibras inorgánicas	7
a) Fibra de carbono	7
b) Fibra de vidrio	9
2.1.2.2 Fibras orgánicas.....	11

a)	Fibra de cabuya.....	12
b)	Fibra de abacá.....	13
2.1.3	Proceso de Fabricación de Composites.....	13
2.1.3.1	Estratificación manual (Hand lay-up).....	14
2.1.3.2	Estratificación por compresión	14
2.1.3.3	Moldeo en bolsas de vacío (Vacuum bag molding)	15
2.1.4	Procesos de mecanizado.....	15
2.1.4.1	Proceso de mecanizado mediante abrasión.....	16
2.1.4.2	Procesos de mecanizado mediante arranque de viruta.....	16
a)	Torneado.....	17
b)	Fresado	17
c)	Taladrado.....	17
2.1.5	Taladrado de composites.....	18
2.1.5.1	Velocidad de corte (V_c).....	19
2.1.5.2	Avance (a).....	19
2.1.5.3	Broca.....	20
a)	Partes de la broca.....	20
b)	Ángulos de las brocas	22
2.1.6	Acabado superficial.....	22
2.1.6.1	Factor de delaminación.....	23
a)	Método visual	25
b)	Análisis de imágenes	25
2.1.6.2	Rugosidad	25
a)	Parámetros de rugosidad.....	26

2.1.6.3	Microscopía	28
2.1.7	Diseño de experimentos (DOE)	28
2.1.7.1	Diseño Factorial 2^k	29
2.1.7.2	Diseño Factorial 3^k	29
2.1.7.3	Tabla ANOVA.....	30
2.2	HIPÓTESIS	33
2.3	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	33
2.3.1	Variable Independiente	33
2.3.2	Variable Dependiente.....	33
2.3.3	Termino de relación	33

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA	34
3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	34
3.1.1 Bibliográfica.....	34
3.1.2 Experimental	34
3.1.3 Explicativa.....	34
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	34
3.2.1 Población.....	34
3.2.2 Muestra.....	35
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	36
3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	38
3.5 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.	38
3.6 PROCEDIMIENTO.....	38
3.6.1 Diseño Experimental DOE.....	39
3.6.1.1 Matriz de diseño.....	42
3.6.2 Elaboración de las probetas.....	43
3.6.2.1 Cálculo de las fracciones volumétricas.....	44

a)	Matriz	45
b)	Fibra de vidrio	47
c)	Fibra de cabuya.....	48
3.6.2.2	Construcción del molde	49
3.6.2.3	Preparación de la fibra de cabuya	51
3.6.2.4	Fabricación y curado de las probetas	52
3.6.3	Ensayos	54
3.6.3.1	Mediciones.....	55

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	57	
4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS	57	
4.1.1	Fichas de recolección de información Rugosidad.....	57
4.1.2	Fichas de recolección de información (Factor de delaminación entrada)..	85
4.1.3	Fichas de recolección de información (Factor de delaminación salida) ..	112
4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	139	
4.2.1	Análisis rugosidad.....	139
4.2.1.1	Análisis de la rugosidad media (Ra) respecto a la velocidad de giro de husillo.	141
a)	Broca con cubierta de diamante	141
b)	Broca especial para Kevlar	142
c)	Broca estándar HSS	143
4.2.1.2	Análisis de la rugosidad media (Ra) respecto a la velocidad de avance.	144
a)	Broca con cubierta de diamante	144
b)	Broca especial para Kevlar	145
c)	Broca estándar HSS	146

4.2.2	Análisis Factor de Delaminación de entrada (Fde)	147
4.2.2.1	Análisis del factor de delaminación de entrada (Fde) con respecto a la velocidad de giro de husillo	149
a)	Broca con cubierta de diamante	149
b)	Broca especial para Kevlar	150
c)	Broca estándar HSS	151
4.2.2.2	Análisis del factor de delaminación de entrada (Fde) con respecto a la velocidad de avance.	152
a)	Broca con la cubierta de diamante.....	152
b)	Broca especial para Kevlar	153
c)	Broca estándar HSS	154
4.2.3	Análisis factor de delaminación de salida (Fds)	155
4.2.3.1	Análisis del factor de delaminación de salida (Fds) con respecto a la velocidad de giro de husillo	157
a)	Broca con cubierta de diamante	157
b)	Broca especial para Kevlar	158
c)	Broca estándar HSS	159
4.2.3.2	Análisis del factor de delaminación de salida (Fds) con respecto a la velocidad de avance	160
a)	Broca con cubierta de diamante	160
b)	Broca especial para Kevlar	161
c)	Broca estándar HSS	162
4.3	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	163
4.3.1	Verificación de la hipótesis Rugosidad.....	165
4.3.2	Verificación de la hipótesis (Factor de delaminación entrada).....	167
4.3.3	Verificación de la hipótesis (Factor de delaminación salida).....	170

4.3.4 ANOVA172

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....177

6.1 CONCLUSIONES.....177

6.2 RECOMENDACIONES.....180

Bibliografía181

Anexos184

Índice de figuras

<i>Fig. 2.1: Esquema de materiales compuestos (composites)</i>	6
<i>Fig. 2.2: Fibra de carbono</i>	8
<i>Fig. 2.3 : Fibra de vidrio en la industria aeroespacial</i>	10
<i>Fig. 2.4: (a) Fibra y (b) planta de abacá</i>	13
<i>Fig. 2.5: Estratificación manual</i>	14
<i>Fig. 2.6: Pre impregnado de polieteretercetona (PEEK) y fibra de carbono</i>	15
<i>Fig. 2.7 : Esquema de mecanizado mediante abrasión</i>	16
<i>Fig. 2.8: Esquema de mecanizado por arranque de viruta</i>	17
<i>Fig. 2.9: Principales procesos de mecanizado</i>	18
<i>Fig. 2.10 : Movimientos de la broca y arranque de material</i>	20
<i>Fig. 2.11 : Partes de la broca</i>	21
<i>Fig. 2.12 : Punta de la broca</i>	21
<i>Fig. 2.13 : Principales ángulos de las brocas</i>	22
<i>Fig. 2.14 : Representación esquemática de varios daños de delaminación con el mismo factor de delaminación convencional</i>	24
<i>Fig. 2.15: (a) Delaminación a la entrada y (b) Delaminación a la salida</i>	24
<i>Fig. 2.16 : Línea media aritmética</i>	26
<i>Fig. 2.17 : Altura de la cresta del perfil de rugosidad</i>	27
<i>Fig. 2.18 : Profundidad del valle del perfil de rugosidad</i>	27
<i>Fig. 2.19 : Altura máxima del perfil de rugosidad</i>	27
<i>Fig. 2.20 : Perfil de rugosidad media</i>	28
<i>Fig. 3.1 : Diagrama de flujo para el desarrollo de la investigación</i>	39
<i>Fig. 3.2 : Diagrama de flujo del Diseño de Experimentos</i>	40
<i>Fig. 3.3: Constitución en porcentajes del material compuesto híbrido</i>	43
<i>Fig. 3.4 : Molde para elaborar las probetas</i>	51
<i>Fig. 3.5 : Máquina CNC, SENFENG, Modelo 1325</i>	54
<i>Fig. 3.6. Ensayos. a) Broca estándar HSS, b) Broca con cubierta de diamante, c) Broca de carburo especial para Kevlar</i>	54
<i>Fig. 3.7. Probeta sujeta para la medición de rugosidad</i>	55
<i>Fig. 3.8. Mediciones de rugosidad (Rugosímetro SJ 210)</i>	55

<i>Fig. 3.9. Imagen digitalizada del agujero taladrado. A) Imagen original, b) Imagen mejorada en contraste al 50% y c) Imagen en blanco y negro.....</i>	<i>56</i>
<i>Fig. 4.1 : Gráfica de barras de la Rugosidad Vs Corridas experimentales</i>	<i>140</i>
<i>Fig. 4.2 : Representación del efecto de la velocidad de giro de husillo respecto a la rugosidad media Ra (B. Diamante). a) Gráfica de lineas, b) Gráfica de efectos acumulados</i>	<i>141</i>
<i>Fig. 4.3 : Representación del efecto de la velocidad de giro de husillo respecto a la rugosidad media Ra (B. Kevlar). a) Gráfica de lineas, b) Gráfica de efectos acumulados</i>	<i>142</i>
<i>Fig. 4.4 : Representación del efecto de la velocidad de giro de husillo respecto a la rugosidad media Ra (B. Estándar). a) Gráfica de lineas, b) Gráfica de efectos acumulados</i>	<i>143</i>
<i>Fig. 4.5 : Representación del efecto de la velocidad de avance respecto a la rugosidad media Ra (B. Diamante). a) Gráfica de lineas, b) Gráfica de efectos acumulados.....</i>	<i>144</i>
<i>Fig. 4.6 : Representación del efecto de la velocidad de avance respecto a la rugosidad media Ra (B. Kevlar). a) Gráfica de lineas, b) Gráfica de efectos acumulados</i>	<i>145</i>
<i>Fig. 4.7 : Representación del efecto de la velocidad de avance respecto a la rugosidad media Ra (B. Estándar). a) Gráfica de lineas, b) Gráfica de efectos acumulados.....</i>	<i>146</i>
<i>Fig. 4.8 : Variación del factor de Delaminación de entrada(Fde) respecto a las corridas experimentales.....</i>	<i>148</i>
<i>Fig. 4.9 : Representación del efecto de la velocidad de giro de husillo respecto al factor de delaminación de entrada (B. Diamante). a) Gráfica de lineas, b) Gráfica de efectos acumulados</i>	<i>149</i>
<i>Fig. 4.10 : Representación del efecto de la velocidad de giro de husillo respecto al factor de delaminación de entrada (B. Kevlar). a) Gráfica de lineas, b) Gráfica de efectos acumulados</i>	<i>150</i>
<i>Fig. 4.11 : Representación del efecto de la velocidad de giro de husillo respecto al factor de delaminación de entrada (B. Estándar). a) Gráfica de lineas, b) Gráfica de efectos acumulados</i>	<i>151</i>

<i>Fig. 4.12 : Representación del efecto de la velocidad avance respecto al factor de delaminación de entrada (B. Diamante). a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados</i>	<i>152</i>
<i>Fig. 4.13 : Representación del efecto de la velocidad de giro de husillo respecto al factor de delaminación de entrada (B. Kevlar). a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados</i>	<i>153</i>
<i>Fig. 4.14 : Representación del efecto de la velocidad de giro de husillo respecto al factor de delaminación de entrada (B. Diamante). a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados</i>	<i>154</i>
<i>Fig. 4.15 : Variación del factor de delaminación de salida (Fds) respecto a las corridas experimentales.....</i>	<i>156</i>
<i>Fig. 4.16 : Representación del efecto de la velocidad de giro de husillo respecto al factor de delaminación de salida (B. Diamante). a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados</i>	<i>157</i>
<i>Fig. 4.17 : Representación del efecto de la velocidad de giro de husillo respecto al factor de delaminación de salida (B. Kevlar). a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados</i>	<i>158</i>
<i>Fig. 4.18 : Representación del efecto de la velocidad de giro de husillo respecto al factor de delaminación de salida (B. Estándar). a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados</i>	<i>159</i>
<i>Fig. 4.19 : Representación del efecto de la velocidad avance respecto al factor de delaminación de salida (B. Diamante). a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados</i>	<i>160</i>
<i>Fig. 4.20 : Representación del efecto de la velocidad avance respecto al factor de delaminación de salida (B. Kevlar). a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados</i>	<i>161</i>
<i>Fig. 4.21 : Representación del efecto de la velocidad avance respecto al factor de delaminación de salida (B. Estándar). a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados</i>	<i>162</i>

Índice de Tablas

<i>Tabla 1 : Propiedades de las fibras de carbono</i>	9
<i>Tabla 2 : Propiedades típicas de la fibra de vidrio</i>	11
<i>Tabla 3: Composición química de la fibra de cabuya</i>	12
<i>Tabla 4. Réplicas recomendadas en diseños factoriales</i>	29
<i>Tabla 5. Notación Diseño Factorial</i>	30
<i>Tabla 6. ANOVA del Diseño Factorial 3²</i>	31
<i>Tabla 7 : Diseño Factorial Completo</i>	35
<i>Tabla 8. Matriz del Diseño Factorial 3²</i>	42
<i>Tabla 9. Propiedades del material compuesto híbrido</i>	43
<i>Tabla 10. Elaboración del molde</i>	50
<i>Tabla 11. Preparación de la fibra de cabuya</i>	51
<i>Tabla 12. Elaboración de las probetas</i>	53
<i>Tabla 13. Resultados de la medición de la Rugosidad (Ra)</i>	139
<i>Tabla 14. Resultados del Factor de Delaminación (Fde) a la entrada de la broca</i>	147
<i>Tabla 15. Resultados factor de delaminación a la salida de la broca del material compuesto</i>	155
<i>Tabla 16. Distribución T-student</i>	165
<i>Tabla 17. Datos para la demostración de Hipótesis (rugosidad)</i>	166
<i>Tabla 18. Datos para la demostración de Hipótesis (Delaminación entrada)</i>	168
<i>Tabla 19. Datos para la demostración de Hipótesis (Delaminación entrada)</i>	170
<i>Tabla 20. ANOVA para análisis de la rugosidad</i>	173
<i>Tabla 21. ANOVA para al análisis del Factor de delaminación de entrada</i>	174
<i>Tabla 22. ANOVA para al análisis del Factor de delaminación de salida</i>	175

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

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.

Autor: Moya Moya Edwin Rolando

Tutor: Ing. Wilson Henry Vaca Ortega, Mg.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo experimental tiene por objetivo estudiar el comportamiento en el material compuesto o composite de matriz poliéster con refuerzo híbrido de fibra de vidrio más fibra de cabuya de los parámetros de la operación de taladrado, dado que es un material desarrollado anteriormente con aplicaciones en carrocerías es de vital importancia conocer cómo se desempeña el material antes mencionado en operaciones previas al ensamble.

Se consideraron como variables de entrada la velocidad de giro de husillo (V_c) (1000, 2000 y 3000 rpm) y la velocidad de avance (a) (100, 200 y 300 mm/min), además se emplea tres tipos de brocas de diámetro 8.5 mm (broca HSS, broca especial de carburo para kevlar y broca recubierta la punta de diamante). Como variables de salida se consideraron el factor de delaminación (F_d), rugosidad media (R_a) y la microscopia de la pared de la perforación. Posteriormente el Modelo Factorial 3^2 se empleó en el diseño y análisis de la experimentación.

La mejor rugosidad (3.235 μm) y factor de delaminación de salida (1.273) se obtuvieron con la broca especial de carburo para kevlar con $V_c=1000$ rpm y $a=100$ mm/min. Mientras que el mejor factor de delaminación de entrada se obtuvo con la misma broca pero con $V_c=3000$ rpm y $a=200$ mm/min.

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

STUDY OF THE PARAMETERS OF DRILLING IN A COMPOSITE OF POLYESTER MATRIX WITH HYBRID REINFORCEMENT OF FIBERGLASS AND FIBER OF CABUYA AND ITS INCIDENCE IN THE CHARACTERISTICS OF SURFACE FINISHING.

Author: Moya Moya Edwin Rolando

Tutor: Eng. Wilson Henry Vaca Ortega, Mg.

ABSTRACT

The objective of this experimental work is to study the behavior of the composite material or composite of polyester matrix with hybrid reinforcement of fiberglass and fiber of cabuya of the parameters of the drilling operation, as it is a material previously developed with applications in bodyworks It is vital to know how the aforementioned material performs in operations previous to assembly.

The input variables were the spindle speed (V_c) (1000, 2000 and 3000 rpm) and the feed speed (a) (100, 200 and 300 mm / min), and three types of drill bits were used with 8.5 mm diameter (HSS drill, special kevlar carbide drill bit and diamond tip coated drill bit). The delamination factor (F_d), mean roughness (R_a) and the microscopy of the perforation wall were considered as output variables. Subsequently, the Factorial Model 32 was used in the design and analysis of the experimentation.

The best roughness (3,235 μm) and output delamination factor (1,273) were obtained with the special carbide kevlar bit with $V_c = 1000$ rpm and $a = 100$ mm / min. While the best input delamination factor was obtained with the same drill but $V_c = 3000$ rpm and $a = 200$ mm / min.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

“ESTUDIO DE LOS PARÁMETROS DE TALADRADO DE UN COMPOSITE DE MATRIZ POLIÉSTER CON REFUERZO HÍBRIDO FIBRA DE VIDRIO MAS FIBRA DE CABUYA Y SU INCIDENCIA EN LAS CARACTERÍSTICAS DE ACABADO SUPERFICIAL (FACTOR DE DELAMINACIÓN Y RUGOSIDAD)”

1.2 ANTECEDENTES

Para la realización del presente proyecto se tomó como fundamento tres artículos técnicos o líneas de investigación (Papers) y una tesis, los mencionados trabajos se describirán brevemente a continuación:

El trabajo de investigación desarrollado por el profesor U.A. Kashaba del departamento de Ingeniería de Producción y Diseño de Sistemas Mecánicos de la Universidad King Abdulaziz de Arabia Saudita bajo el título “ANÁLISIS DEL PERFORADO/TALADRADO EN MATERIALES COMPUESTOS CON TEJIDOS DE FIBRA DE VIDRIO Y RESINA EPOXI” presentado y publicado en el 2012 en JOURNAL OF COMPOSITE MATERIALS, trata el efecto de los parámetros de perforación (avance, velocidad y desgaste de la broca) sobre los parámetros de mecanización (fuerza de empuje, torque, delaminacion inicial y final, rugosidad superficial y resistencia de los cojinetes), llegando a las siguientes conclusiones:

- El fallo del espécimen del cojinete se inició con deslaminaciones debido a la falla de cizallamiento interlaminar entre las capas compuestas, bajo la carga de cojinete compresivo.

- La perforación a altas velocidades y el desgaste de la broca resultan en una alta rugosidad superficial debido a la temperatura generada que es asistida por un bajo coeficiente de conducción térmica y una temperatura de baja transición de los compuestos GFRE.

El segundo trabajo de investigación lleva por título “UN ANÁLISIS DE IMAGEN DIGITAL PARA EVALUAR EL FACTOR DE DELAMINACIÓN DESPUÉS DE LA PERFORACIÓN DE COMPUESTOS GFRP UTILIZANDO UNA BROCA PARA KEVLAR”, fue desarrollado por J. Babu del departamento de Ingeniería Mecánica del Colegio de Ingeniería y Tecnología en la India. El trabajo tiene por objetivo analizar las imágenes digitales para evaluar la delaminación mediante tres importantes modelos de factor de delaminación (el factor de delaminación convencional (Fd), el factor de delaminación ajustado (Fda) y el factor de delaminación equivalente (Fed) y comparar sus valores con velocidades de husillo y velocidades de alimentación variables en la perforación de compuestos de GFRP. Teniendo como principales conclusiones las siguientes:

- El factor de delaminación convencional (Fd) aumenta con la velocidad de avance y disminuye con la velocidad del husillo. La delaminación inducida disminuye con la velocidad del husillo (1000 rpm-2500 rpm) y aumenta con la velocidad de alimentación (100 mm / min a 400 mm / min).
- El valor más alto del factor de delaminación se observa a la combinación de velocidad de husillo baja (1000 rpm) y alta velocidad de alimentación (400 mm / min) y el valor más bajo de factor de delaminación se observa a la combinación de velocidad de husillo (2500 rpm) y velocidad de alimentación 100 mm / min).

Como tercera fundamentación tenemos el trabajo de investigación realizado por el profesor V. Krishnaraj del Departamento de Ingeniería Mecánica en el Colegio de Tecnología en la India, publicado por Indian Journal of Engineering and Materials Science en Junio de 2005 bajo el título “UNA INVESTIGACIÓN SOBRE PERFORACIÓN DE ALTA VELOCIDAD DE PLÁSTICO REFORZADO CON

FIBRA DE VIDRIO (GFRP)”, la investigación se centraba en hacer un estudio de los efectos de velocidades de corte altas al perforar un composite de GFRP reforzado con fibras bi-direccionales. Analizar el efecto de la velocidad de husillo y avance sobre la fuerza de corte, rugosidad y delaminación además de estudiar el efecto de diferentes tipos de broca al taladrar. Llegando a las siguientes conclusiones principales:

- La velocidad de husillo es el parámetro que más influye en la calidad superficial de la rugosidad.
- El uso de brocas con geometría especial y mejores materiales definitivamente mejorará la calidad de los agujeros.

El trabajo de Titulación presentado por David Elizondo Lozano previo a la obtención del grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Mecánica con Especialidad en Materiales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México, bajo el título “ASPECTOS FÍSICOS Y FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD SUPERFICIAL EN EL MAQUINADO DE COMPOSITOS DE MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADOS CON FIBRAS” en julio de 2014, tiene por objetivo general Aportar conocimientos acerca de los factores que determinan la calidad superficial en los materiales compuestos de matriz polimérica reforzada con fibras, cuando éstos son maquinados considerando los aspectos físicos involucrados y tomando en cuenta los parámetros de maquinado así como los parámetros micro estructurales. Llegó a las siguientes conclusiones;

- La rugosidad presente en los materiales estudiados tanto para la fibra de vidrio como la fibra de carbono muestran una calidad superficial buena debido a que la rugosidad es menor al diámetro de la fibra. Los análisis estadísticos en el proceso de fresado muestra daño superficial elevado mediante la asimetría positiva obteniendo rugosidades altas $0.8 \mu\text{m} - 2.2 \mu\text{m}$ para fibra de vidrio y $0.2 \mu\text{m} - 1.6 \mu\text{m}$ para fibra de carbono mientras para el proceso de corte con diamante poli cristalino muestra tendencias combinadas positiva - estándar obteniendo una mejor calidad superficial $0.1 \mu\text{m} - 0.4 \mu\text{m}$ para la fibra de vidrio y $0.1 - 0.2 \mu\text{m}$ para la fibra de carbono.

- El análisis de las superficies maquinadas mediante criterios de fractografía indica que los patrones de fractura sobre la superficie maquinada como son las propagaciones interlaminares, así como la nucleación y la propagación de grietas de la resina en forma transversal evidencian el proceso de maquinado como un daño superficial controlado comparable a la fractura localizada a nivel local.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El ámbito de aplicación de materiales compuestos se ha incrementado a lo largo de los últimos años, se han desarrollado muchos nuevos materiales con distinta materia prima como matriz y refuerzos de fibras orgánicas en mayor medida debido al factor medio ambiental. Cada día más diseñadores consideran materiales compuestos para elaborar elementos de ingeniería un ejemplo es la aeronáutica que utiliza una gran variedad de elementos de esta naturaleza aprovechando su alta resistencia en proporción al bajo peso que poseen. En otras industrias a lo largo del mundo se está aprovechando la resistencia a la fatiga y a la oxidación que poseen estos elementos, convirtiendo a los materiales compuestos en una apuesta por el futuro.

El presente estudio toma importancia debido a los problemas de mecanizar elementos de materiales compuestos, el daño generado especialmente por la delaminación o agrietamiento en las inmediaciones de las operaciones de taladrado se considera como el mayor problema a enfrentar, entender un poco mejor la influencia de los parámetros de mecanizado sobre la calidad superficial en los bordes es vital ya que es una preocupación redundante que ha acompañado a lo largo del tiempo en el desarrollo de nuevos materiales, dado la anisotropía y carencia de homogeneidad estructural de los mismos resulta imposible tener parámetros que sirvan para todos los nuevos materiales a manera de regla general.

En su mayoría se utiliza remaches y pernos en operaciones de fijación y montaje constituyendo el proceso de taladrado en unos de los procesos de mecanizado más utilizados post moldeo de elementos FRP. En la Industria aeronáutica la calidad del

agujero representa aproximadamente el 60% de todos los rechazos de las piezas y representa un costoso problema de fabricación. Además de la carga económica, el daño de la perforación puede reducir la resistencia del componente.[5]

En la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato se han desarrollado tesis sobre aplicaciones y caracterización de nuevos materiales, descuidando el aspecto de maquinado (taladrado) que es de gran importancia para la fijación y montaje de elementos. Bajo éste punto de vista el presente proyecto busca ser una herramienta de consulta que sirva de complemento ante dichos estudios de titulación.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General:

Estudiar el efecto que producen los parámetros de taladrado sobre el acabado superficial de agujeros, en material compuesto (composite) de matriz poliéster con refuerzo híbrido.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Efectuar el Diseño Experimental para el estudio.
- Ejecutar el Diseño Experimental con las variables y factores convenientemente determinados para el estudio.
- Analizar los resultados y determinar los parámetros de taladrado que brinden el mejor acabado superficial.
- Evaluar la delaminación que se genera por efecto del taladrado mediante el factor de delaminación tradicional.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1 Materiales Compuestos (Composites)

Un composite o material compuesto, está constituido generalmente por una matriz de origen metálico, cerámico o polimérico y un componente de refuerzo (natural o sintético) mezclado heterogéneamente, con el objetivo de obtener las mejores cualidades posibles en conjunto y satisfacer las necesidades requeridas por la industria. Los composites son utilizados mayoritariamente en la industria aeroespacial, debido a sus magníficas propiedades mecánicas como resistencia al impacto, tracción, resistencia elevada en medios oxidantes en comparación con su bajo peso respecto a los metales se están convirtiendo en opciones viables y factibles para la fabricación de un sinnúmero de elementos.[2]

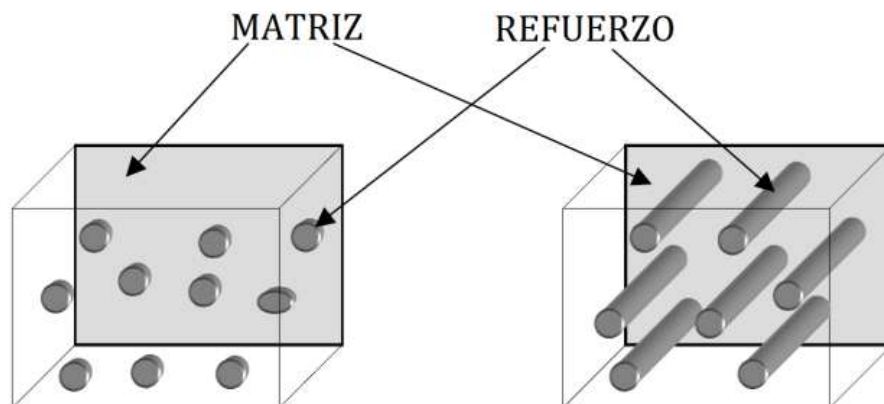


Fig. 2.1: Esquema de materiales compuestos (composites) [12]

Los materiales compuestos pueden clasificarse de acuerdo a muchos criterios, siendo la clasificación de acuerdo a la forma del material de refuerzo una de las más acertadas. Tal como se muestra en la figura 2.1.

2.1.2 Refuerzos inorgánico- orgánico

Los refuerzos fibrosos híbridos son la combinación de materiales de origen sintético con materiales de origen vegetal, a modo de sándwich. Se debe considerar para el cálculo de la fracción volumétrica del refuerzo la regla de las mezclas en los compuestos por fibras que manifiesta lo siguiente:

$$\rho_c = f_m \rho_m + f_f \rho_f \quad \text{Ec. 1}$$

Donde ρ_c es la densidad del compuesto, $f_m \rho_m + f_f \rho_f$ son las fracciones volumétricas de cada constituyente y los subíndices m y f se refieren a la matriz y la fibra respectivamente. [30] También se debe considerar que $f_m = 1 - f_f$. Ec. 2

2.1.2.1 Fibras inorgánicas

Las fibras de refuerzo más importantes en la industria naval son la fibra de carbono y la fibra de vidrio, también es muy común encontrar materiales compuestos reforzados con fibras sintéticas como las fibras de aramídicas (Kevlar).[14]

a) Fibra de carbono

Los primeros filamentos de fibra de carbono datan del siglo XIX, no obstante su desarrollo definitivo como fibras se lograron en Gran Bretaña por la década de 1960 para beneficio y bajo el auspicio de las industrias aeronáutica y aeroespacial. Las fibras de carbono tienen diámetros que oscilan dentro de los 7 a 8 μm y en combinación con matrices poliméricas dan origen a materiales compuestos de elevada resistencia y elevado módulo de elasticidad, pese a ser materiales hondamente ligeros.[13][14]

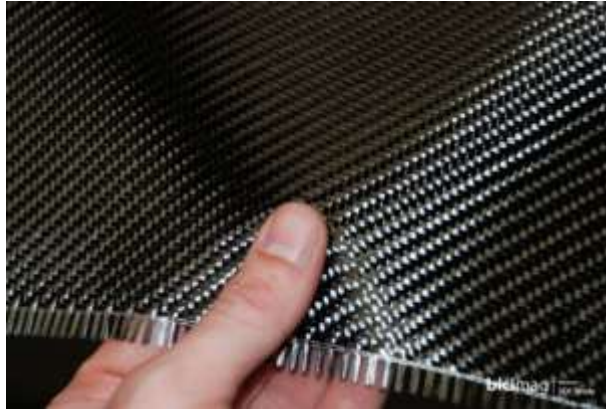


Fig. 2.2: Fibra de carbono [16]

EL material más utilizado para obtener fibras de carbono es el poliacrilonitrilo (PAN), aunque también puede utilizarse alquitrán y celulosa resultando en fibras de menor costo respecto a las fibras obtenidas mediante PAN. El proceso de oxidación debe ser controlado al igual que la carbonización en la fabricación de fibras de carbono. La resistencia y el modulo elástico tiene íntima relación con lo temperatura final alcanzada al final del proceso de obtención que oscila entre 1200 °C y 3000 °C, a mayor temperatura mejores son las propiedades mencionadas.[14]

Se pueden distinguir 3 tipos de fibras de carbono:

- Fibras de alta tenacidad (HT): Costo moderado, resistencia y tenacidad superior a las fibras de vidrio.
- Fibras de alto Modulo (HM): Costo elevado, especiales para aplicaciones aeroespaciales.
- Fibras de modulo intermedio (IM): Es una mezcla de las anteriores, con características intermedias.

Tabla 1 : Propiedades de las fibras de carbono [14]

Tipo	Carbono HT	Carbono HM	Carbono IM
Resistencia a la tracción (GPa)	2.6-5	2.0-3.2	3.4-5.9
Modulo elástico (GPa)	228-238	350-400	280-400
Densidad (Kg/m ³)	1740-1830	1740-1910	1730-1800
Alargamiento a la rotura (%)	1.2-2	0.4-0.8	1.1-1.9
Resistencia especifica (GPa*cm ³ /g)	1.5-2	1.1-1.7	2.0-3.1
Modulo E especifico (GPa*cm ³ /g)	127-134	190-260	160-200
Chef. Transmisión térmica (10 ⁻⁶ /°K)	-0.1 a -0.7	-0.5 a -1.3	---
Diámetro de filamento (<i>um</i>)	7-8	6.5-8	5-7

b) Fibra de vidrio

Según las investigaciones de los arqueólogos los egipcios utilizaron fibra de vidrio en la confección de vasos y ánforas cerámicas. En tiempos más recientes, alrededor de 1930 Estados Unidos empezó a experimentar con la fibra de vidrio como material de refuerzo en matrices poliméricas. Específicamente en la Industria naval y aeroespacial se desarrollan un sinnúmero de aplicaciones gracias a la reducción en el costo de la materia prima para la fabricación de fibra de vidrio, también se desarrollan novedosos procesos de fabricación a partir de la reducción de costos, convirtiendo a la fibra de vidrio en la fibra de refuerzo más utilizada en la elaboración de materiales compuestos aplicados a la industria naval.[14]



Fig. 2.3 : Fibra de vidrio en la industria aeroespacial [17]

Según la aplicación final de la fibra de vidrio se ha desarrollado composiciones distintas de vidrios minerales, entre las más difundidas mundialmente se encuentran las que tienen base en sílice (SiO_2) con adiciones de distintos óxidos como el óxido de calcio, aluminio, sodio, hierro y boro. El diámetro de las fibras de vidrio se sitúa en 8 y 15 μm . Generalmente son vidrios amorfos, pudiendo ser cristalinos gracias a la exposición prolongada a altas temperaturas.[13,14]

Características de la fibra de vidrio

- a) Excelente resistencia mecánica a la tracción en comparación con su densidad
- b) No se deteriora con la humedad
- c) Resistente en medios oxidantes
- d) Sirve como aislante eléctrico
- e) Baja conductividad térmica
- f) Notable estabilidad dimensional
- g) Posee propiedades isotrópicas
- h) Excelente adherencia con la matriz

En la siguiente tabla mostramos las propiedades más representativas de los tipos de vidrios.

Tabla 2 : Propiedades típicas de la fibra de vidrio [14]

TIPO	Vidrio E	Vidrio R/S	Vidrio C
Resistencia a la tracción (GPa)	3.4-3.5	3.4-4.6	3.1
Modulo elástico (GPa)	72-73	85-87	71
Densidad (Kg/m ³)	2600	2500-2530	2450
Alargamiento a la rotura (%)	3.3-4.8	4.2-5.4	3.5
Resistencia especifica (GPa*cm ³ /g)	1.3-1.35	1.7-1.85	1.3
Modulo E especifico (GPa*cm ³ /g)	27.7-28.2	34-34.9	29
Chef. Transmisión térmica (10 ⁻⁶ /°K)	5	4-5.1	7.2
Diámetro de filamento (<i>um</i>)	8-20	10	20

2.1.2.2 Fibras orgánicas

El crecimiento de los problemas medioambientales ha orientado a los países industrializados a buscar nuevas alternativas de productos amigables con el medioambiente y la industria de los materiales no es la excepción en productos de la vida cotidiana. La ventaja de las fibras orgánicas, ya sean de origen animal, vegetal o mineral es su biodegradabilidad lo que ayuda en gran medida a minorar la contaminación, sin embargo su más grande desventaja es su nula capacidad de reciclaje al término de su vida útil.

En el ecuador el desarrollo de materiales compuesto se encuentra en etapa embrionaria, y más aún la utilización de fibras naturales como refuerzo de los mismos. En otros continentes como Europa las fibras naturales han tenido un gran impacto en la industria automotriz donde se estima que cada año se utilizan 80000 toneladas de fibras orgánicas

como refuerzos de paneles termoplásticos. Nuestro país posee un enorme potencial para producir fibras principalmente de origen vegetal siendo las fibras de abacá y cabuya las pioneras en ser industrializadas aunque todavía no se logra darles el suficiente valor agregado. La fibra de coco también es un caso de preocupación ya que se desperdicia la cascara que contiene el 80% del fruto y es el lugar donde proviene la fibra.[18]

a) Fibra de cabuya

Su origen se remonta a América Trópica, se considera que es un fibra dura, sus hojas se estructuran se fibras unidas por una especie de cemento vegetal lo que las provee de aspereza y rigidez. Su aplicaciones van desde jugos, champú, licor, cuerdas, papel, aislantes térmicos, abono de potreros hasta concentrado para animales, como podemos ver sus aplicaciones son muchas para cada parte de la cabuya.[19]

En el año 2008 se tiene datos que se produjeron cerca de 5400 toneladas de cabuya para distintos usos generando alrededor de USD 2.7 millones de dólares según el MAGAP.

La composición química de la fibra de cabuya se describe a continuación:

Tabla 3: Composición química de la fibra de cabuya [20]

Componente	Porcentaje
Humedad, ceras y grasas	1.9
Cenizas	0.7
Pentosanos	10.5
Celulosa	73.8
Lignina	11.3
TOTAL	98.2

b) Fibra de abacá

Es una planta perteneciente al grupo de las musáceas, se encuentra en mayor medida en Filipinas, siendo la mayor producción en los trópicos húmedos. Las fibras se encuentran en las vainas de las hojas, las mismas que se componen de células estructurales largas y delgadas. Se caracteriza por tener un color habano claro. Su primer mercado de aplicación es la industria textil. En el Ecuador se producen cerca de 10000 toneladas anuales.[18]



Fig. 2.4: (a) Fibra y (b) planta de abacá [18]

2.1.3 Proceso de Fabricación de Composites

Proceso de moldeo por contacto

Para fabricar materiales compuestos mediante moldeo por contacto se precisa que las resinas termoendurecibles sean curadas a temperatura ambiente. Generalmente se precisa de moldes para delimitar la superficie de los materiales compuestos, los moldes pueden llegar a ser muy grandes y complejos, por lo que lo más factible es fabricarlos de segmentos separables.

Podemos identificar tres procesos en el moldeo por contacto, difieren entre ellos por la forma de aplicación de la resina, la distribución del refuerzo, asegurando la solidificación y la liberación de los espacios con aire.

2.1.3.1 Estratificación manual (Hand lay-up)

En el proceso de estratificación manual las resinas se impregnan a mano en fibras que están en forma de telas tejidas, tricotadas, cosidas o unidas. Esto se logra generalmente por medio de rodillos o cepillos, con un uso creciente de impregnadores de tipo rodillo de presión para forzar resina en los tejidos por medio de rodillos giratorios y un baño de resina. Los laminados se dejan curar en condiciones atmosféricas normales.[18,22]

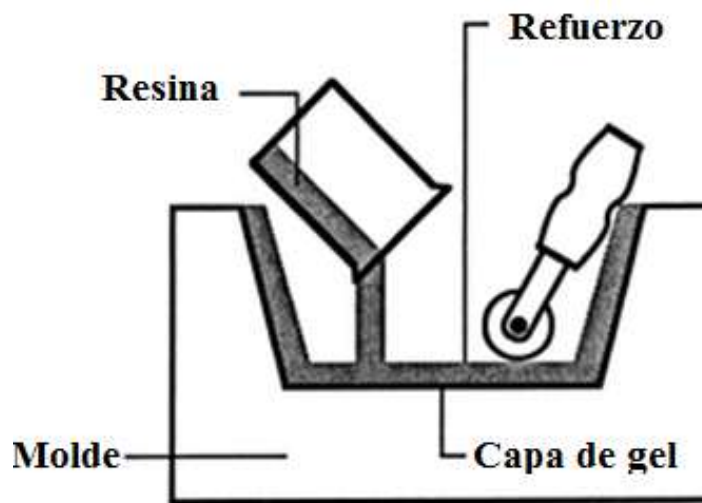


Fig. 2.5: Estratificación manual [22]

2.1.3.2 Estratificación por compresión

El proceso de fabricación de materiales compuestos mediante moldeo por compresión es similar a la estratificación manual, con la diferencia que al final del proceso se le aplica compresión mediante la utilización de un molde y contra molde. A diferencia de la estratificación manual el moldeo por compresión permite tener mayor control sobre el espesor final de los elementos fabricados. Es muy común el uso de pre impregnados para mejorar las características de los elementos fabricados ya que al ser refuerzos previamente fabricados en conjunto tienen mejores propiedades que los refuerzos de capas individuales.

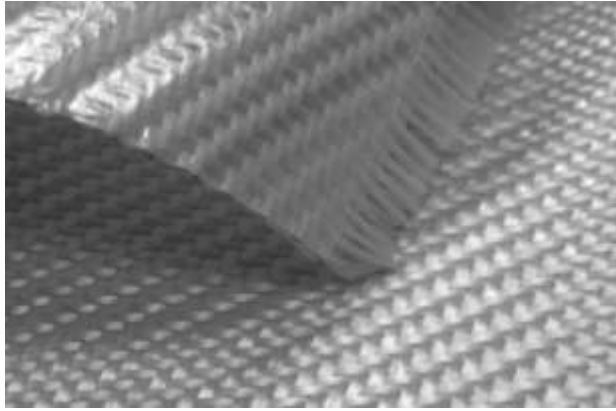


Fig. 2.6: Pre impregnado de polieteretercetona (PEEK) y fibra de carbono [18]

2.1.3.3 Moldeo en bolsas de vacío (Vacuum bag molding)

El moldeo en bolsa de vacío comparte algunos de los atributos del proceso de estratificación manual, sin embargo, utiliza frecuentemente moldes calentados, hornos o autoclaves para el curado matricial, puede utilizarse material adicional tal como pre-impregnado para obtenerse propiedades mecánicas muy altas. Es un método muy simple y provee alto rendimiento estructural y requiere pequeñas inversiones de herramientas debido a que existen diversas alternativas en el mercado.[22]

2.1.4 Procesos de mecanizado

El mecanizado de elementos mecánicos engloba un sinnúmero de operaciones hasta que dichos elementos se encuentre aptos para las operaciones de ensamble. Normalmente se consigue darle forma a los elementos mediante variantes de dos operaciones globales que son la eliminación del material excedente mediante arranque de viruta y la eliminación de material mediante abrasión, aunque también se han desarrollado en los últimos años procesos alternativos como la impresión 3D sin embargo aún siguen siendo muy costosos.

2.1.4.1 Proceso de mecanizado mediante abrasión

Se diferencia del mecanizado por arranque de viruta debido a que consiste en darle forma al elemento desgastando en mínimas cantidades, desprendiendo lentamente las partículas excedentes de ahí su desventaja principal, el tiempo de maquinado. Generalmente utiliza una muela abrasiva como se indica en la Figura 2.1 o un hilo conductor que produce un arco eléctrico. [10]

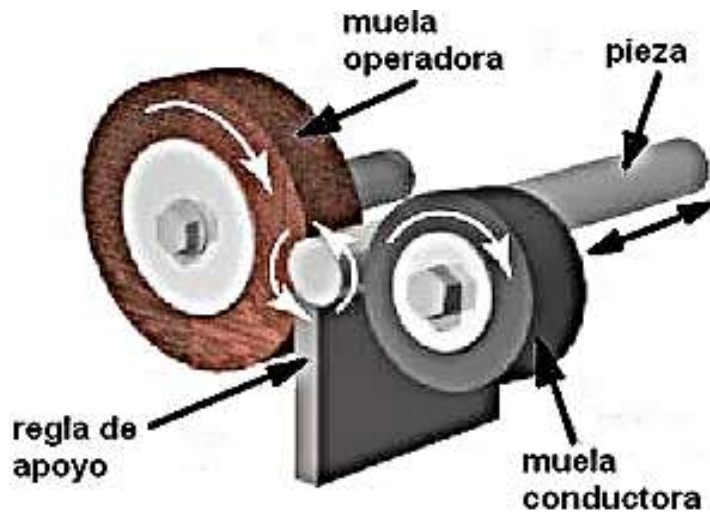


Fig. 2.7 : Esquema de mecanizado mediante abrasión [11]

2.1.4.2 Procesos de mecanizado mediante arranque de viruta

Consiste en ir retirando gradualmente el material excedente mediante una herramienta con filo hasta obtener la geometría y superficie deseada. Para ello se debe hacer incidir el filo de la herramienta contra la pieza, el contacto debe ser tal que se genere la suficiente fuerza para deformar y fracturar una parte de la pieza [12] como se muestra en la Figura 2.2.

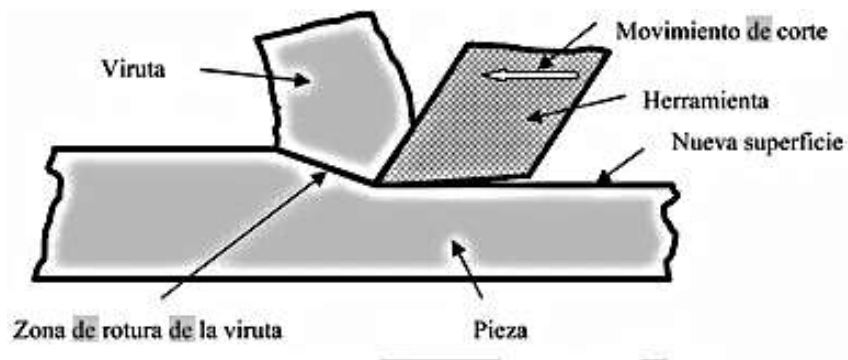


Fig. 2.8: Esquema de mecanizado por arranque de viruta [12]

Dependiendo de las características como velocidad de contacto y la forma de la herramienta utilizada se pueden distinguir diferentes métodos de mecanizado mediante arranque de viruta o familia de procesos, destacándose el torneado, fresado y taladrado tal como se muestra en la figura 2.3.

a) **Torneado**

En el torneado, la pieza gira alrededor de su propio eje de revolución (movimiento de corte) y la herramienta (cuchilla) con su filo único va arrancando material en forma de viruta mientras la pieza gira. El desplazamiento de la herramienta (movimiento de avance) genera arranque de viruta continua produciendo una geometría de revolución exterior e interior.[12] Tal como se muestra en la figura 2.3.

b) **Fresado**

Se define como la operación contraria al torneado debido a que la herramienta(fresa) de filos múltiples es la que gira (movimiento de corte) y la pieza se desplaza sobre la mesa de trabajo (movimiento de avance) obteniendo con esta operación una superficie plana. [12]Como se muestra en la figura 2.3 existe 2 operaciones o modalidades de fresado.

c) **Taladrado**

El objetivo del torneado es obtener una geometría interna de revolución, la pieza se sujeta fijamente y es perforada por una herramienta (broca) de varios filos que gira

(movimiento de corte) y en simultaneo se desplaza hacia la pieza (movimiento de avance).[12]

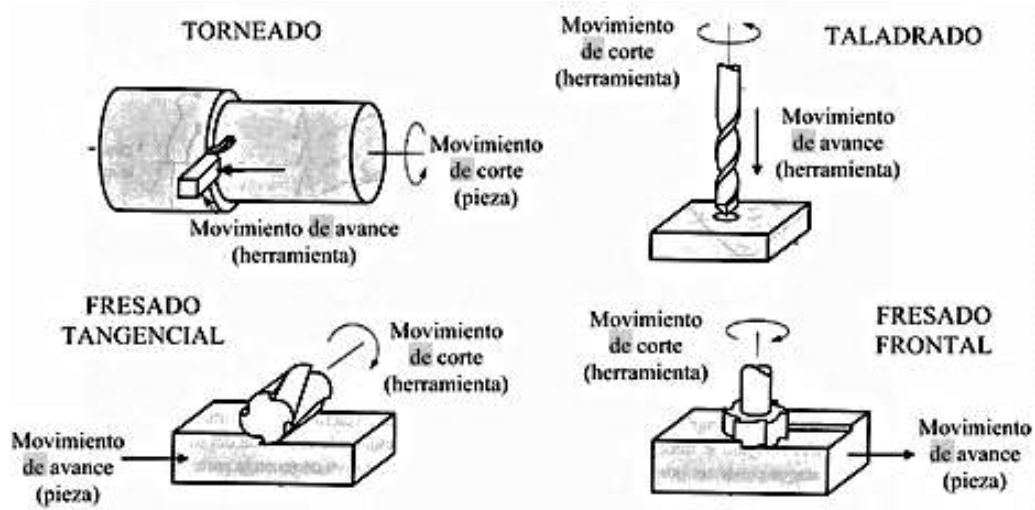


Fig. 2.9: Principales procesos de mecanizado [12]

2.1.5 Taladrado de composites

El taladrado es un proceso de mecanizado mediante el arranque de viruta, en el cual es necesario principalmente para el montaje de piezas. Consiste en hacer girar una broca para conseguir un corte en el material en forma de agujero de acuerdo a las características requeridas o deseadas de geometría, diámetro, etc.

Para que el arranque de viruta se produzca en materiales compuestos reforzados con fibras se debe crear las condiciones necesarias que den lugar a la combinación eficaz de la deformación plástica, esfuerzo de cizallamiento y de flexión. La calidad superficial final depende de la eficiencia en el proceso de remoción de material y cuan bien se hayan combinado los esfuerzos mencionados, o lo que es similar la utilización de herramental adecuado y velocidades de corte y avance adecuadas. [1,2,7]

En la operación de taladrado la broca cumple dos funciones básicas, una función de rotación que permite cortar y evacuar los desechos del agujero en forma de viruta y la

otra función es un movimiento rectilíneo que permite avanzar en dirección perpendicular al elemento perforado.

2.1.5.1 Velocidad de corte (Vc)

“La velocidad de corte es la velocidad de rotación que alcanza la broca, medida desde cualquier punto que se encuentre su diámetro exterior.” Esta expresado en metros por minuto (m/min) [23]. La velocidad de corte está ligada a la velocidad de giro de husillo de la máquina utilizada, se expresa en revoluciones por minuto (rpm).

$$V_c = \frac{\pi * D * rpm}{1000}$$

Ec. 3

Dónde:

D= diámetro del herramental

rpm = las revoluciones del husillo

2.1.5.2 Avance (a)

“El avance es el espacio que recorre la broca al ir introduciéndose en la pieza, y depende del material de la pieza, del diámetro y del material de la broca. Esta expresado en milímetros por minuto (mm/min)” [23]

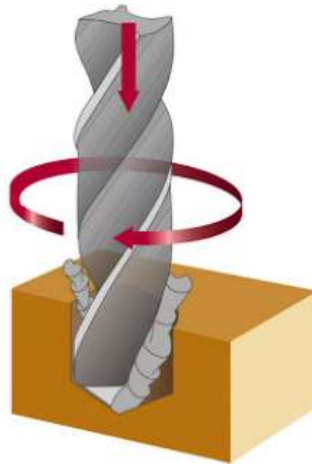


Fig. 2.10 : Movimientos de la broca y arranque de material [23]

2.1.5.3 Broca

Las brocas son un tipo de herramienta de corte utilizada en procesos de mecanizado mediante arranque de material (viruta), normalmente se fabrica de acero templado aleado con materiales duros y en muchos casos también se le aplica un recubrimiento de otro material que mejore la dureza de la punta. [23] Por motivos económicos se prefiere para la construcción de brocas el acero rápido, si la broca es de uso especial es normal encontrar herramientas con el vástago de acero soldada a tope con la parte cortante hecho de otro material de más alto valor. [24] De forma cilíndrica alargada consta de al menos 2 ranuras helicoidales que empiezan en la punta con la forma de aristas o filos cortantes.

a) Partes de la broca

Mediante el giro y el avance se produce la formación del agujero por lo que es de gran importancia que la geometría de la broca sea la adecuada. A continuación describiremos brevemente las partes de las brocas.

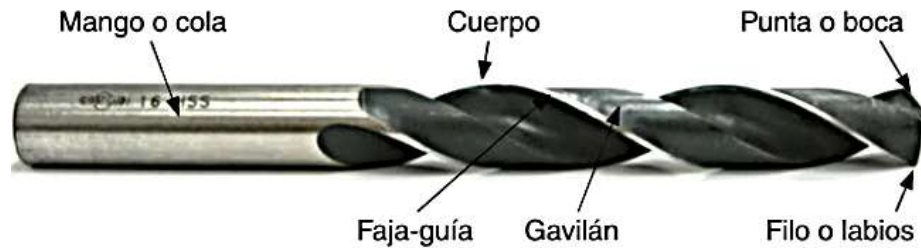


Fig. 2.11 : Partes de la broca [23]

- **Punta o boca:** Es la parte que realiza el corte. Compuesta por dos filos, el filo transversal guía que rasca la pieza y el filo principal, también conocido como labio que es donde comienza el corte producido por la broca en la pieza de trabajo. El ángulo resultante entre los dos filos se conoce como ángulo de filo.

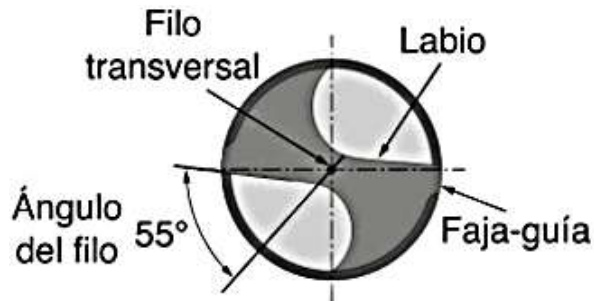


Fig. 2.12 : Punta de la broca [23]

- **Cuerpo:** Es la zona media de la broca. Se compone por lo general de dos ranuras helicoidales que facilitan la evacuación de la viruta del agujero. El termino de las ranuras se denomina faja guía, las ranuras se rebajan para disminuir el rozamiento y recibe el nombre de gavilán.
- **Mango:** es la parte extrema de la broca que permite su sujeción en la máquina de taladrado. La marcación del diámetro y calidad de la broca viene inscrita en el mango.
- **Cuello:** Es un estrechamiento entre el mango y el cuerpo en algunas brocas, especialmente canicas.

b) Ángulos de las brocas

Los ángulos más importantes de las brocas son el ángulo de hélice y el ángulo de vértice.

Ángulo de vértice: También llamado ángulo de punta, se forma entre los dos labios de corte. Para evitar el rozamiento entre los labios y el material de la pieza se rebaja el talón o se realiza un destalonado.

Ángulo de hélice: Se forma entre la hélice y el eje vertical de la broca. Su valor varía entre 20 y 40 ° según el material a taladrar.

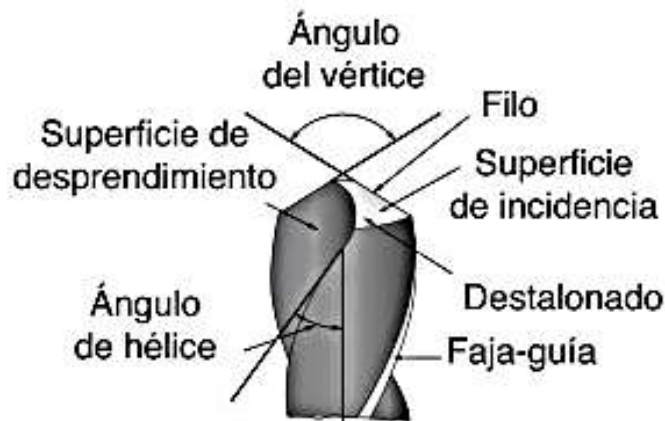


Fig. 2.13 : Principales ángulos de las brocas [23]

2.1.6 Acabado superficial

El mecanizado de materiales compuestos de matriz epoxi/poliéster con refuerzos de fibras presenta muchos problemas dada su anisotropía, falta de heterogeneidad y abrasión de los refuerzos. Entre los problemas más comunes que se encuentran al mecanizar éste tipo de materiales tenemos: la delaminación (entrada-salida), encogimiento de los agujeros en el taladrado, degradación térmica, rugosidad, deshilado de las fibras, etc. [1, 2, 3] Por ende, los métodos de mecanizado existentes deben ser adaptados a las necesidades o características de cada nuevo composite, requiriendo herramienta especializada para obtener mejores resultados en el acabado superficial. Como ejemplo tenemos que para fuselajes de aviones se requieren más de 100.000

agujeros para el ensamble, y cada uno de los agujeros debe tener una calidad muy alta, siendo el taladrado una operación crítica en la industria aeronáutica. [4,5,7]

Se puede definir que la calidad superficial es el grado de calidad de una superficie maquinada en términos de aspectos físicos y estructurales como la resistencia mecánica, química y metalúrgica que avalan la funcionalidad que puedan tener dichas superficies en un entorno real de trabajo.

2.1.6.1 Factor de delaminación

La delaminación es el agrietamiento que se produce en las zonas circundantes a los límites del maquinado debido a la acción de la herramienta de corte sobre la matriz y las rasgaduras que produce la misma con los elementos de refuerzo para arrancar la viruta mientras se genera la forma deseada, los problemas que genera la delaminación están asociados a la pérdida de integridad estructural, las tolerancias de las dimensiones finales son de baja calidad y las zonas de maquinado con frecuencia suelen tener afectaciones térmicas. Generalmente el proceso de taladrado es la última operación antes de pasar a la zona de ensamble, he ahí la importancia de estudiar la relación entre los factores de taladrado y la delaminación de los agujeros generados para unir los distintos elementos de materiales compuestos en el proceso de ensamble.[5]

Para evaluar la delaminación se ha visto conveniente crear el factor de delaminación tradicional que no es más que la relación existente entre el diámetro nominal de la herramienta utilizada y la zona máxima afectada durante el maquinado. Gráficamente para el taladrado tenemos:

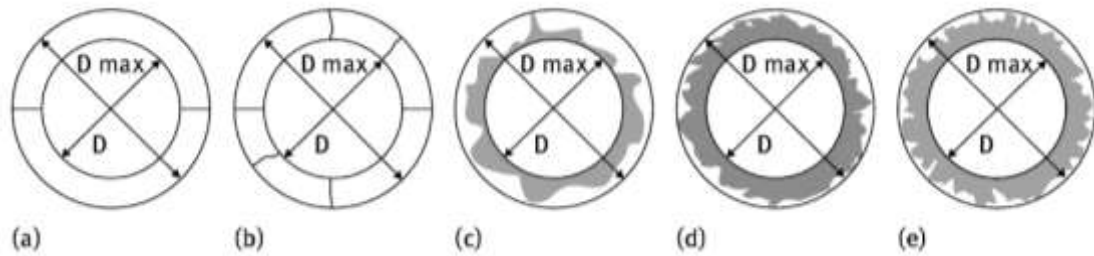


Fig 2.14 : Representación esquemática de varios daños de delaminación con el mismo factor de delaminación convencional [25]

Matemáticamente tenemos que el factor de delaminación (F_d) es:

$$F_d = \frac{D_{max}}{D}$$

Ec. 4

U.A. Kashaba [5] y Babu [2] definen D_{max} como el diámetro máximo de la delaminación o el diámetro máximo que alcanzan las fisuras en las inmediaciones del agujero y D es el diámetro nominal de la herramienta (broca) utilizada.

El factor delaminación puede ser utilizado para evaluar la zona afectada tanto a la entrada (Peel up) de la broca como a la salida al otro lado del agujero (Push out).

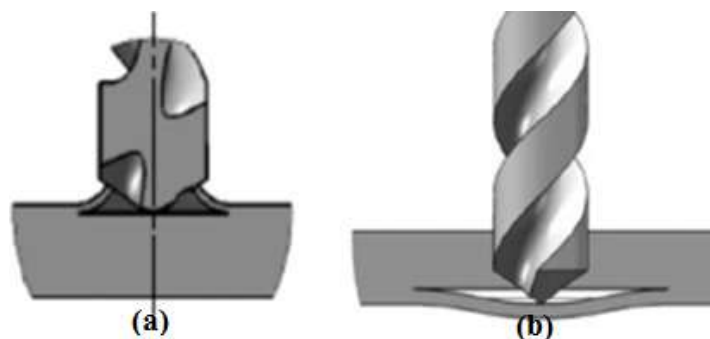


Fig. 2.15: (a) Delaminación a la entrada y (b) Delaminación a la salida [26]

Para evaluar el factor de delaminación se ha desarrollado numerosos métodos en libros, revistas y papers de renombrados autores en el campo de los materiales compuestos. Entre los métodos más utilizados tenemos: Método visual, Análisis de imágenes, Evaluación mediante emisiones acústicas, Microscopía acústica de barrido, Ultrasonido

C-scan, Radiografía, Tomografía computarizada de rayos X e Interferometría láser sombra moiré.

a) Método visual

Se utiliza un microscopio y un calibrador, éste método requiere paciencia y destreza por parte del operario o investigador. Aumentos de 5X a 30X son estándar para evaluar el diámetro máximo de daño de la delaminación. Puede ser utilizado junto a tintes penetrantes para aclarar el área dañada. El diámetro del agujero y el diámetro máximo de delaminación pueden medirse directamente, pero el área dañada requiere procesos adicionales como mallados. [25]

b) Análisis de imágenes

Las limitaciones de los métodos visuales se encuentran principalmente cuando se evalúa la delaminación en composites tipo CFRP que debido a su color oscuro dificultan bastante el contraste de la zona afectada del resto de material. El método utiliza una cámara o un escáner para digitalizar la zona o superficie a evaluar, luego la imagen digital es subida a una computadora donde por medio de algún software (entre los más utilizados se encuentran AutoCAD y Corel Draw) que permita manipular en tamaño y contraste se analiza y cuantifica la zona afectada. [5]

2.1.6.2 Rugosidad

La rugosidad superficial es la calidad que presenta la nueva superficie o la capa que queda al descubierto en la pieza al ser maquinada, mientras menos rugosa sea la nueva superficie mayor será la capacidad de la misma para interactuar con capas adicionales de recubrimientos, como barnices y pinturas. Frente a esfuerzos mecánicos también es de vital importancia ya que permite que mientras más lisa sea la superficie exista menos fricción con otros elementos ensamblados, si se trata de conectores eléctricos el flujo de los electrones es más fácil mientras la superficie de contacto aparente o superficie real sea mayor.[7]

En los últimos años se ha estudiado en gran medida el efecto de las herramientas y procesos mediante arranque de viruta en la calidad superficial de los elementos generados mediante la mencionada tecnología, y el taladrado de materiales compuestos no puede ser la excepción ya que es la tecnología que se encuentra en auge en nuestros días. Principalmente se los esfuerzos se enfocan en encontrar los parámetros y las herramientas más adecuadas para los nuevos materiales, ya que es muy diferente el comportamiento de un compuesto epoxi con un poliéster o un refuerzo orgánico con uno inorgánico.

a) Parámetros de rugosidad

Para determinar la rugosidad el parámetro más adecuado es la rugosidad media (Ra) que es el valor medio del perfil de rugosidad, entendiéndose como perfil de rugosidad las crestas y los valles presentes en la superficie. Los principales parámetros a tener en cuenta son[27]:

Línea media aritmética (línea central): Línea de referencia con la forma del perfil geométrico, paralela a la dirección entre ella y el perfil es igual en la parte superior e inferior.

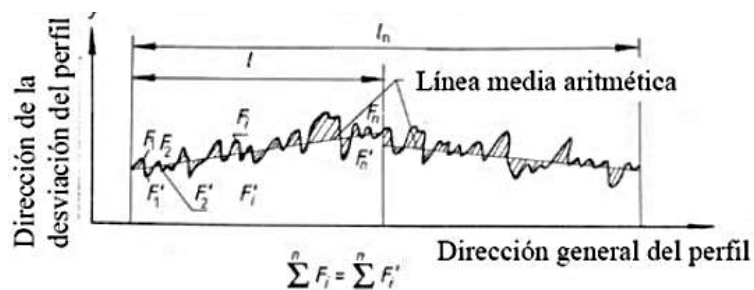


Fig. 2.16 : Línea media aritmética [27]

Altura de la cresta del perfil, Yp: Distancia entre la línea media y el punto más alto de una cresta.



Fig. 2.17 : *Altura de la cresta del perfil de rugosidad* [27]

Profundidad de un valle del perfil, Y_v : Distancia entre la línea media y el punto más bajo de un valle.

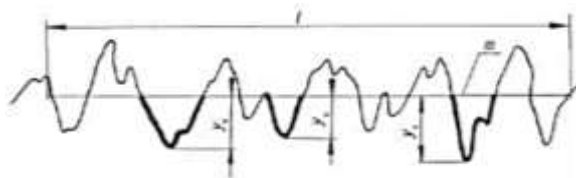


Fig. 2.18 : *Profundidad del valle del perfil de rugosidad* [27]

Altura máxima de la cresta, R_p : Distancia del punto más alto del perfil a la línea media.

Profundidad máxima del valle, R_m : Distancia del punto más bajo del perfil a la línea media.

Altura máxima del Perfil, R_y : Máxima distancia entre la cresta más alta (R_p) y el valle más bajo (R_m).

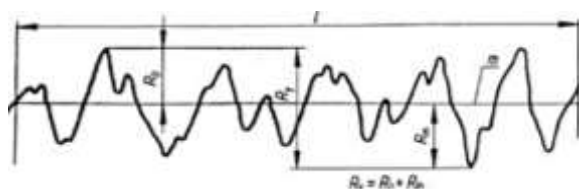


Fig. 2.19 : *Altura máxima del perfil de rugosidad* [27]

Rugosidad Media R_a : es la media aritmética de los valores absolutos de las desviaciones del perfil, en los límites de la longitud básica l .

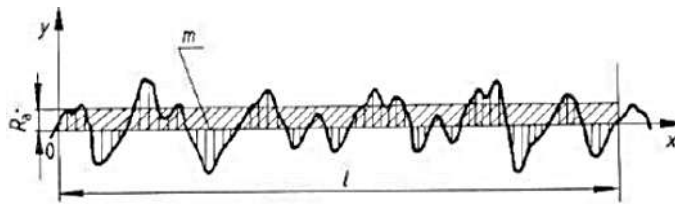


Fig. 2.20 : Perfil de rugosidad media [27]

2.1.6.3 Microscopía

Las imágenes ampliadas mediante el uso principalmente del microscopio de barrido, son utilizadas para comparar las superficies de las paredes del agujero taladrado.

2.1.7 Diseño de experimentos (DOE)

El diseño de experimentos es una metodología muy utilizada en proyectos de investigación que buscan resolver un determinado problema, optimizar los recursos de un proceso o comprobar una idea (hipótesis). Según sea el requerimiento o el objetivo perseguido por la investigación tenemos la siguiente clasificación:

- Diseños para comprobar dos o más tratamientos.
- Diseños para estudiar el efecto de varios factores sobre las respuestas.
- Diseños para la optimización de procesos.
- Diseños robustos.
- Diseños de mezclas.

El DOE está compuesto principalmente por tres elementos que son: las variables, los factores y los niveles de estudio. Las variables sirven para conocer el efecto de cada prueba experimental, pueden ser características de calidad o desempeño. Los factores son las variables iniciales de estudio. Y los niveles o tratamientos son los distintos valores asignados a los factores de estudio.[30]

Entre los diseños para estudiar el efecto de varios factores sobre las respuestas tenemos los Diseños Factoriales 2^k , 2^{k-1} , 3^k , $A \times B$ entre los principales.

2.1.7.1 Diseño Factorial 2^k

El Diseño Factorial 2^k implica que para ajustarse al modelo el experimento solo contará con dos niveles para sus “k” factores con 2^k tratamientos o corridas, mientras más factores se añadan más corridas experimentales tendremos siempre y cuando no sobrepasen un número de 8 factores. Para diseños con más de 4 factores se puede optar por el Diseño Factorial 2^{k-1} y aumentar el número de réplicas. Se limita su utilización a experimentos básicos. [30]

Tabla 4. Réplicas recomendadas en diseños factoriales [30]

Diseño	Réplicas Recomendadas	Número de corridas
2^2	3 o 4	12,16
2^3	2	16
2^4	1 o 2	16,32
2^5	Fracción 2^{5-1} o 1	16,32
2^6	Fracción 2^{6-2} o Fracción 2^{6-1}	16,32
2^7	Fracción 2^{7-3} o Fracción 2^{7-2}	16,32

2.1.7.2 Diseño Factorial 3^k

EL diseño factorial 3^k nos permite detectar de una manera económica la presencia de curvatura en los datos de respuesta, ya que muchas veces si utilizamos el diseño 2^k éste nos brinda una sola línea entre dos puntos y el experimento puede incurrir en errores si el mismo tiene una tendencia cuadrática o posee curvatura.

Además de ser una alternativa experimental que permite estudiar el efecto de la curvatura, permite estudiar efectos lineales y de interacción [30].

Tabla 5. Notación Diseño Factorial [30]

Tratamiento	A	B	A	B	A	B
1	Alto	Alto	-1	-1	0	0
2	Medio	Alto	0	-1	1	0
3	Bajo	Alto	1	-1	2	0
4	Alto	Medio	-1	0	0	1
5	Medio	Medio	0	0	1	1
6	Bajo	Medio	1	0	2	1
7	Alto	Bajo	-1	1	0	2
8	Medio	Bajo	0	1	1	2
9	Bajo	Bajo	1	1	2	2

2.1.7.3 Tabla ANOVA

Para analizar el Diseño Factorial se requiere de la elaboración de una tabla ANOVA también conocida como análisis de la varianza que nos permita concebir una idea más clara de la experimentación. A continuación se muestra la tabla ANOVA y las ecuaciones que rigen para el análisis del modelo Factorial 3^k con $k=2$.

Tabla 6. ANOVA del Diseño Factorial 3^2 [30]

Fuente de variabilidad (FV)	Sumatoria de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Estadístico de prueba (Fo)	Probabilidad (Valor-p)
A	SC _A	a-1	CM _A	C _{MA} /CM _E	P(F>Fo)
B	SC _B	b-1	CM _B	C _{MB} /CM _E	P(F>Fo)
AB	SC _{AB}	(a-1)(b-1)	CM _{AB}	CM _{AB} /CM _E	P(F>Fo)
Error	SC _E	$3^k(n-1)$	CM _E		
Total	SC _T	$n3^k-1$			

Donde a y b son los niveles que para éste caso es 3, “n” es el número de réplicas siempre mayor a 1 para que no se anulen las ecuaciones. Para calcular el resto de ecuaciones debemos primero establecer algunas notaciones para representar sumas y medias.

Y... es la suma de todas las corridas; \bar{Y} ... es la media global; Yi.. es el total en el nivel i del factor A; $\bar{Y}_{i..}$ es la media en el nivel i del factor A; Y.j. es el total en el nivel j del factor B y $\bar{Y}_{.j.}$ es la correspondiente media. Es decir:

$$\begin{aligned}
 Y \dots &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk} & \bar{Y} \dots &= \frac{Y \dots}{abn} \\
 Y_{i..} &= \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk} & \bar{Y}_{i..} &= \frac{Y_{i..}}{bn} & i = 1, 2, \dots, a \\
 Y_{.j.} &= \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^n Y_{ijk} & \bar{Y}_{.j.} &= \frac{Y_{.j.}}{an} & j = 1, 2, \dots, b \\
 Y_{ij.} &= \sum_{k=1}^n Y_{ijk} & \bar{Y}_{ij.} &= \frac{Y_{ij.}}{n}
 \end{aligned}$$

Habiendo definido las sumas y medias de las corridas tenemos que la suma de cuadrados totales (SC_T) es:

$$SC_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_{...}^2}{abn}$$

La suma de cuadrados individuales de los efectos es:

$$SC_A = \sum_{i=1}^a \frac{Y_{i..}^2}{bn} - \frac{Y_{...}^2}{abn}$$

$$SC_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y_{.j.}^2}{an} - \frac{Y_{...}^2}{abn}$$

$$SC_{AB} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{Y_{ij.}^2}{n} - \frac{Y_{...}^2}{abn} - SC_A - SC_B$$

Para obtener la suma de cuadrados del error conviene realizar una resta:

$$SC_E = SC_T - SC_A - SC_B - SC_{AB}$$

Los cuadrados medios (CM) se obtienen dividiendo cada sumatoria de cuadrados (SC) para los grados de libertad (GL) respectivos. Un valor-p menor que la significancia prefijada ($\alpha=0.05$) para cualquier efecto significa que dicho efecto se encuentra activo sobre la variable de respuesta, mientras menor sea el valor-p calculado de cualquier efecto o factor significa que tiene mayor influencia sobre la variable de respuesta. [30]

2.2 HIPÓTESIS

El acabado superficial (Factor de delaminación y rugosidad) obtenido al taladrar un composite de refuerzo híbrido son estadísticamente similares al mecanizar con una broca estándar (Broca HSS), con una broca de geometría especial (Broca para Kevlar) y una broca con recubrimiento especial (Broca de Diamante) con un nivel de confianza del 95%.

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1 Variable Independiente

Parámetros de mecanizado (velocidad de corte y avance)

2.3.2 Variable Dependiente

Acabado Superficial

2.3.3 Termino de relación

Similar

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Bibliográfica

Para la contextualización del presente estudio nos apoyaremos en libros, revistas, paper y otras fuentes de investigación con la finalidad de profundizar en el tema y poder desarrollarlo debidamente.

3.1.2 Experimental

La presente investigación es de tipo experimental debido a que los datos recolectados y analizados nos permitirán a futuro recomendar los parámetros de mecanizado que mejores características superficiales producen en este tipo de materiales.

3.1.3 Explicativa

Este tipo de investigación se eligió para poder explicar de manera fácil y concisa los resultados obtenidos de acuerdo a los parámetros utilizados durante la experimentación, esto se logró mediante la utilización de gráficos y tablas para hacer más didáctica la asimilación de información.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población

Para la población de estudio se contempla un material compuesto o composite estructurado de la siguiente manera: para la matriz se eligió resina poliéster y para el refuerzo una combinación de dos materiales, fibra de vidrio y fibra de cabuya a manera

de sándwich, obtenido mediante el proceso de fabricación de estratificación manual y las perforaciones se realizaran mediante tres tipos de brocas acorde con los parámetros de mecanizado, siguiendo procedimientos recomendados por artículos técnicos.

3.2.2 Muestra

Para el desarrollo de la investigación se consideró una muestra delimitada por el tipo de broca, velocidad de avance y velocidad de corte. Para el caso del tipo de broca se eligió 3 variedades, dos de ellas brocas especiales para materiales compuestos y la restante una broca común HSS. Tomando en cuenta que el diseño experimental a utilizar es el Diseño Experimental Factorial 3^k se decidió trabajar con 3 niveles en cada una de las variables de los parámetros propios de la operación de taladrado tal como se muestra a continuación.

Tabla 7 : Diseño Factorial Completo

Exp. No.	Avance (n)	Velocidad de Corte (Vc)	Broca de diamante	Broca de Kevlar	Broca HSS
1	Baja	Baja	1	1	1
2	Baja	Media	1	1	1
3	Baja	Alta	1	1	1
4	Media	Baja	1	1	1
5	Media	Media	1	1	1
6	Media	Alta	1	1	1
7	Alta	Baja	1	1	1
8	Alta	Media	1	1	1
9	Alta	Alta	1	1	1
SUMATORIA PARCIAL			9	9	9
TOTAL			27		

(Fuente : Autor)

El diseño Factorial 3^k permite trabajar con dos factores a tres niveles siendo los mismos la velocidad de corte y el avance, para obtener resultados más fiables se pretende realizar 3 réplicas dando un total de 3×27 probetas o lo que es lo mismo 81 perforaciones en el material compuesto. De esta manera queda establecida la muestra del presente trabajo de investigación.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable Independiente

Parámetros de mecanizado

Conceptualización	Categoría	Indicadores	Índice	Técnicas e instrumentos
El taladrado de materiales compuestos comprende dos movimientos de la herramienta, la velocidad de corte y el avance que en conjunto con la broca crean el agujero requerido, siendo diferentes velocidades de corte, avances y brocas para cada material.	<ul style="list-style-type: none"> - Parámetros de la máquina. - Herramienta de taladrado 	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad de corte - Velocidad de Husillo - Avance - Tipo de broca 	<ul style="list-style-type: none"> - Alta, media y baja. - Alta, media y baja. - Broca con recubrimiento de diamante, Broca para Kevlar y broca estándar HSS. 	<ul style="list-style-type: none"> - Observación directa - Bibliografía - Fichas de datos.

Variable Dependiente

Calidad Superficial

Conceptualización	Categoría	Indicadores	Índice	Técnicas e instrumentos
La calidad superficial sirve no solo para dar un bonito acabado, sino también para describir el comportamiento ante esfuerzos de la pieza o elemento perforado.	<ul style="list-style-type: none"> - Delaminación - Rugosidad - Microscopía 	<ul style="list-style-type: none"> - Factor de delaminación (Fd) - Rugosidad media - Microscopía electrónica 	<ul style="list-style-type: none"> - Fd= Diámetro nominal/diámetro de daño máximo - μm - Fotografía ampliada del daño producido por el mecanizado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Observación directa - Rugosímetro - Formato para toma de datos. - Captura de imágenes ampliadas.

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para el normal desarrollo de la investigación se realizará en primera instancia la recolección de los datos del proceso de taladrado mediante fichas y observación directa, en segunda instancia se provee el uso de scanner, microscopio óptico de barrido y programas de análisis gráfico para obtener los parámetros requeridos para analizar la calidad superficial y en tercera instancia se considera el uso de un rugosímetro para obtener registros de los perfiles de rugosidad del agujero.

3.5 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.

Una vez concluida la recolección de datos se planea para el procesamiento y análisis de la información el uso de gráficas y análisis estadísticos con la finalidad de establecer los mejores parámetros para el taladro del composite en estudio.

La tabulación de los datos se realizara de manera que ayude a establecer la relación entre las variables de la hipótesis para finalmente ratificarla o negarla.

3.6 PROCEDIMIENTO

El desarrollo de la presente investigación se explica de una manera general mediante la elaboración del siguiente diagrama de flujo.

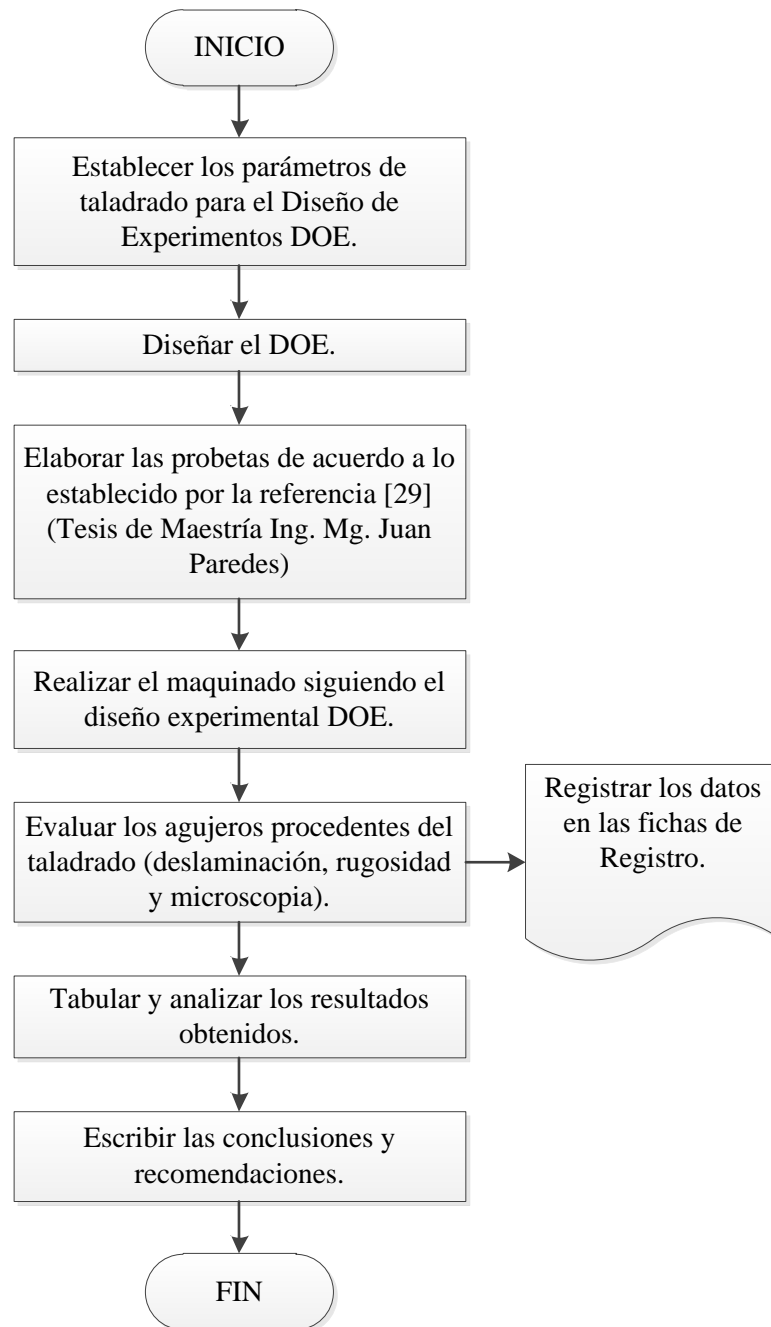


Fig. 3.1 : Diagrama de flujo de la investigación (Fuente : Autor)

3.6.1 Diseño Experimental DOE

Para decidir los factores, niveles, variables y repeticiones del estudio se recurrió a las etapas de diseño de experimentos mostrada a continuación:

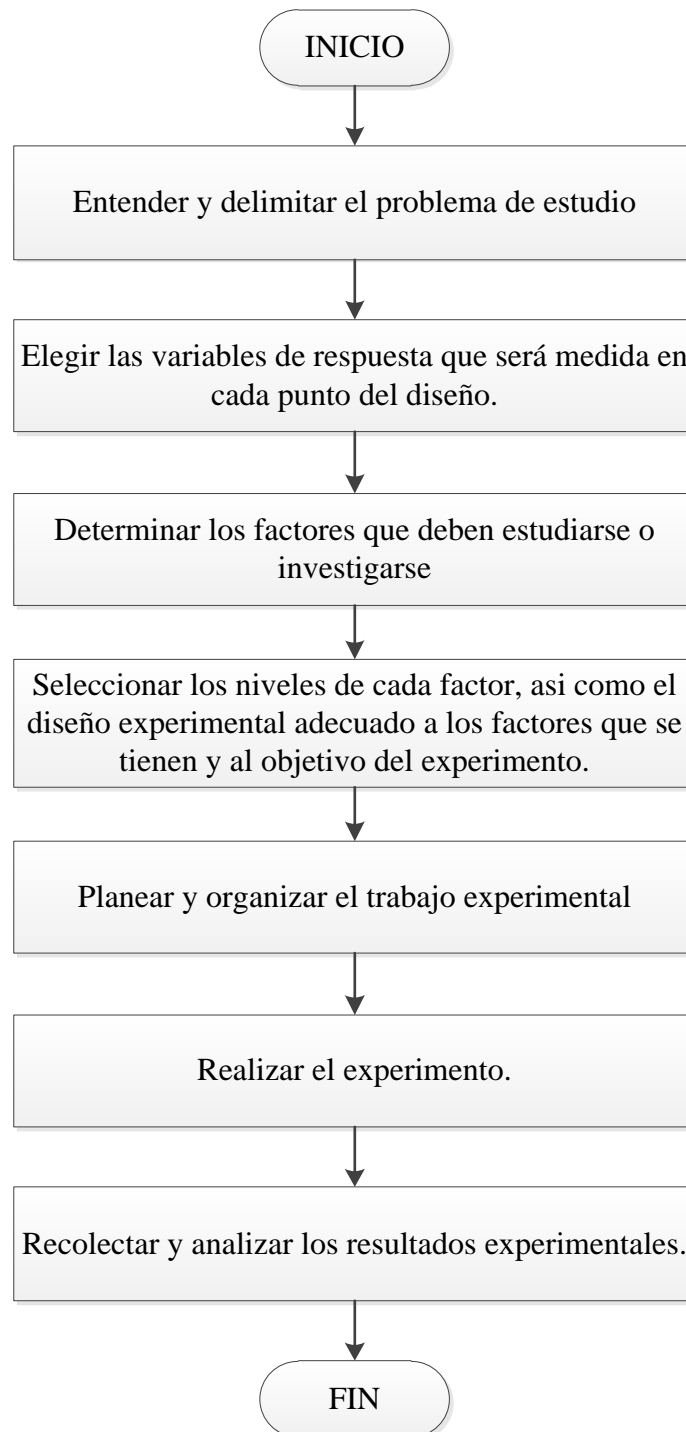


Fig. 3.2 : Diagrama del diseño de experimentos [30]

La primera etapa “Entender y delimitar el problema de estudio” se lo realizo mediante la elaboración de los capítulos I, II y III del presente trabajo de titulación, donde teóricamente se exploró la superficie del problema de estudio.

La segunda etapa “Elegir las variables de respuesta que será medida en cada punto para el diseño” se lo realizo en el punto 3.3 Operacionalización de las variables, y también mediante la revisión de fuentes de consulta como lo es artículos relacionados al tema. Llegando a establecer que las variables de respuesta a analizar son: el factor de delaminación y la rugosidad, adicionalmente se toma capturas del microscopio de la zona maquinada.

La tercera etapa “Determinar los factores que deben investigarse” son propios del proceso de taladrado, como el material compuesto analizado es único no existe mayor complicación por el lado del material, para el taladrado solo poseemos velocidad de corte y avance, siendo éstos dos factores los que tomarán distintos valores durante las diferentes corridas experimentales.

La cuarta etapa “Seleccionar los niveles de cada factor, así como el diseño experimental adecuado a los factores que se tienen y al objetivo del experimento.” se justifica con el objetivo general del presente trabajo de titulación que busca estudiar la relación entre 2 factores de entrada con las variables de salida, según la teoría estudiada en el capítulo II nos limita a un Diseño Factorial 2^K o 3^K que sirven para lo planteado como objetivo general y también se ajusta al número de factores y variables existentes para la experimentación. En la tabla 6 podemos observar que para un diseño Factorial de dos factores la recomendación realizar 3 o 4 réplicas o repeticiones por cada corrida, siendo 3 réplicas las elegidas para el estudio. Se elige un Diseño Factorial $3k$ ya que permite identificar si el comportamiento de los factores de estudio sobre las variables de salida tiene un comportamiento lineal o cuadrático y así no incurrir en errores.

La quinta etapa es de planeación, y se incluye como parte del cronograma de actividades para la realización del trabajo.

La realización del experimento se efectuó en los laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, para lo cual se utilizó, el rugosímetro MITUTOYO y el microscopio de barrido. La parte

concerniente a la delaminación se utilizó un escáner EPSON L 495 y un programa de diseño mecánico.

La última etapa, el análisis se basa en la realización de la tabla ANOVA o análisis de la varianza que se presenta en el punto 4.2 Análisis de los Resultados.

3.6.1.1 Matriz de diseño

La matriz de Diseño queda constituida de la siguiente manera en la siguiente tabla, según las consideraciones de diseño establecidas anteriormente.

Tabla 8. Matriz del Diseño Factorial 3²

Corridas	Avance (a) (mm/min)	Velocidad de Corte (Vc) (m/min)	Broca diamante	Broca Kevlar	Broca HSS
1	100	26.69 (1000 rpm)	1	1	1
2	100	53.38 (2000 rpm)	1	1	1
3	100	80,07 (3000 rpm)	1	1	1
4	200	26.69 (1000 rpm)	1	1	1
5	200	53.38 (2000 rpm)	1	1	1
6	200	80,07 (3000 rpm)	1	1	1
7	300	26.69 (1000 rpm)	1	1	1
8	300	53.38 (2000 rpm)	1	1	1
9	300	80,07 (3000 rpm)	1	1	1
SUMATORIA PARCIAL			9	9	9
TOTAL			27		
Réplicas			3		
Corridas experimentales totales			81		

(Fuente : Autor)

Para establecer los valores de la velocidad de corte y avance nos ayudamos de lo expuesto en las referencias [1] y [2], donde se utilizaron velocidades de husillo que oscilan entre 500 y 2500 rpm, y avances en el orden de 100-400 mm/min. Con fines didácticos a partir del presente párrafo se utilizará solo la velocidad de husillo debido a que es el parámetro que nos permite utilizar el centro de mecanizado CNC.

3.6.2 Elaboración de las probetas

Para la elaboración de las probetas se considera como pilar fundamental la tesis del Ing. Mg. Juan Paredes [29], quien caracterizó el material de estudio para usos en componentes del tipo guardachoques en la industria carrocera de nuestra provincia. Entre las combinaciones ensayadas determinó que el mejor material era el compuesto por matriz poliéster y refuerzo mixto de fibra de vidrio y fibra larga de cabuya en una relación de 70% matriz y 30% refuerzo [29]. A continuación se describe el proceso seguido para replicar la fabricación de las probetas, basados en la experiencia proporcionada por la tesis mencionada.

Tabla 9. Propiedades del material compuesto híbrido [29]

Especificación	Descripción
Capas F. Vidrio	4
Capas F. Cabuya	2
Espesor	6.4 mm
Resina	Poliéster
Resistencia a Tracción (MPa)	78.24
Resistencia a Flexión (MPa)	120.52
Resistencia a Impacto MFE=hwf [J]	2.38

A continuación se presenta una figura didáctica sobre el porcentaje de cada material constituyente del material compuesto híbrido del estudio.

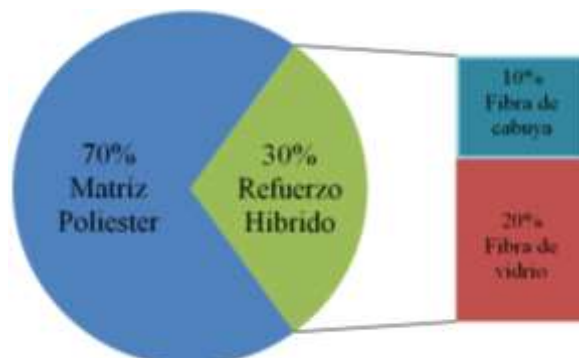


Fig. 3.3 Constitución en porcentajes del material compuesto híbrido (Autor)

3.6.2.1 Cálculo de las fracciones volumétricas

Para calcular las fracciones volumétricas de cada constituyente debemos de tener claro que la magnitud controlable para la elaboración de las probetas es el peso o masa, por lo cual debemos encontrar el peso de cada constituyente en el compuesto total.

Mediante el uso de la ecuación descrita en el literal 2.1.2 del capítulo II. La regla de las mezclas de los compuestos por fibras establece que:

$$\rho_c = f_m \rho_m + f_f \rho_f$$

Donde ρ_c es la densidad del compuesto, $f_m \rho_m + f_f \rho_f$ son las fracciones volumétricas de cada constituyente y los subíndices m y f se refieren a la matriz y la fibra respectivamente. [30] También se debe considerar que $f_m = 1 - f_f$.

Sabemos que la densidad del compuesto (FV+RP) = 1.55 gr/cc, la densidad de la matriz (Resina Poliéster RP) = 1.20 gr/cc y la densidad del refuerzo (Fibra de vidrio) = 2.40 gr/cc. [30]

$$\rho_c = f_m \rho_m + f_f \rho_f$$

$$\rho_c = (1 - f_f) \rho_m + f_f \rho_f$$

$$1.55 \frac{gr}{cc} = 1.20 \frac{gr}{cc} - f_f 1.20 \frac{gr}{cc} + f_f 2.40 \frac{gr}{cc}$$

Despejando f_f tenemos:

$$f_f = 0.29 \approx 30\%$$

Hemos determinado que la fracción volumétrica del refuerzo o de la fibra es de 30%, ahora como conocemos que:

$$f_m = 1 - f_f$$

$$f_m = 1 - 0.30$$

$$f_m = 0.70 = 70\%$$

Queda establecida que la fracción volumétrica de la matriz será del 70% del total del compuesto.

Para empezar a establecer valores de las cantidades debemos considerar las dimensiones de la probeta. Considerando que se debe realizar 81 perforaciones, esto nos da una configuración de 9x9 perforaciones, cada perforación deberá tener un diámetro de 8.5 mm por lo cual se establece que la separación entre las mismas debe ser de al menos 1 cm para que sean totalmente independientes. Entonces necesitamos una área mínima de trabajo de $18.5 \text{ cm} * 18.5 \text{ cm} = 342.25 \text{ cm}^2$. Ahora, la recomendación para las sujeciones del centro de mecanizado es de 3-5 cm, tomando un valor 3cm y sumándole a los 18.5 cm anteriores y considerando que las sujeciones se ubican en los extremos tenemos que el largo mínimo requerido es $(18.5+6) \text{ cm} = 24.5 \text{ cm}$ de cada lado. Teniendo en cuenta todo lo expuesto se decide construir un molde de $(27 \times 25) \text{ cm}$ que nos servirá para calcular el área total de la probeta.

De la tesis del Ing. Mg. Juan Paredes tenemos que para la configuración 70 % matriz poliéster y 30% refuerzo híbrido (2 capas de fibra de vidrio + 1 capa de fibra de cabuya larga) el espesor promedio obtenido es de 3.2 mm. Se puede deducir que para obtener una probeta de refuerzo 4 capas de fibra de vidrio y 2 capas de fibra larga de cabuya el espesor final será de 6.4 mm aproximadamente.

EL volumen total del compuesto (V_c) que debe tener la probeta es:

$$V_c = 6.4 * 270 * 250 = 432000 \text{ mm}^3 = 432 \text{ cc}$$

a) Matriz

Para la matriz tenemos:

Volumen del compuesto (V_c) = 432 cc

Contribución = 70%

Densidad (ρ_m) = 1.2 gr/cc

Volumen de la matriz (V_m)

$$V_m = (0.7 * 432) \text{ cc}$$

$$V_m = 302.4 \text{ cc}$$

Antes de calcular la masa de la matriz debemos de considerar la razón entre el espesor ideal vs el espesor real (KER) que para la configuración en cuestión es 2. [29]

Por lo cual el volumen previamente calculado considerando el factor KER se divide para 2.

$$V_m = (302.4/2) \text{ cc}$$

$$V_m = 151.2 \text{ cc}$$

Para calcular la masa tenemos:

$$\text{Masa (M)} = \text{densidad } (\rho) * \text{volumen (V)}$$

$$M_m = \rho_m * V_m$$

$$M_m = 1.2 \text{ gr/cc} * 302.4 \text{ cc}$$

$$M_m = 362.88 \text{ gr}$$

Calculando la masa mediante el volumen ajustado con el factor KER tenemos:

$$M_m = \rho_m * V_m$$

$$M_m = 1.2 \text{ gr/cc} * 151.2 \text{ cc}$$

$$M_m = 181.44\text{gr}$$

b) Fibra de vidrio

Para la fibra de vidrio tenemos:

Volumen del compuesto (V_c) = 432 cc

Contribución = 20%

Densidad (ρ_{F_v}) = 2.4 gr/cc

Volumen de la fibra de vidrio (V_{F_v})

$$V_{F_v} = (0.2 * 432) \text{ cc}$$

$$V_{F_v} = 86.4 \text{ cc}$$

Tomando en consideración la razón entre el espesor ideal vs el espesor real (KER) que para la configuración en cuestión es 2. [30]

Por lo cual el volumen previamente calculado considerando el factor KER se divide para 2.

$$V_{F_v} = (86.4/2) \text{ cc}$$

$$V_{F_v} = 43.2 \text{ cc}$$

Para calcular la masa tenemos:

$$\text{Masa (M)} = \text{densidad } (\rho) * \text{volumen (V)}$$

$$MF_v = \rho F_v * VF_v$$

$$MF_v = 2.4 \text{ gr/cc} * 86.4 \text{ cc}$$

$$MF_v = 207.36 \text{ gr}$$

Calculando la masa mediante el volumen ajustado con el factor KER tenemos:

$$MF_v = \rho F_v * VF_v$$

$$MF_v = 2.4 \text{ gr/cc} * 43.2 \text{ cc}$$

$$MF_v = 103.68 \text{ gr}$$

c) Fibra de cabuya

Para la Fibra de cabuya tenemos los siguientes datos:

Volumen del compuesto (V_c) = 432 cc

Contribución = 10%

Densidad (ρF_C) = 1.3 gr/cc

Volumen de la fibra de cabuya (VF_C)

$$VF_C = (0.1 * 432) \text{ cc}$$

$$VF_C = 43.2 \text{ cc}$$

Antes de calcular la masa de la matriz debemos de considerar la razón entre el espesor ideal vs el espesor real (KER) que para la configuración en cuestión es 2.

[29]

Por lo cual el volumen previamente calculado considerando el factor KER se divide para 2.

$$VF_C = (43.2/2) \text{ cc}$$

$$VF_C = 21.6 \text{ cc}$$

Para calcular la masa tenemos:

$$\text{Masa (M)} = \text{densidad } (\rho) * \text{volumen (V)}$$

$$MF_C = \rho_{F_C} * VF_C$$

$$MF_C = 1.3 \text{ gr/cc} * 43.2 \text{ cc}$$

$$MF_C = 56.16 \text{ gr}$$

Calculando la masa mediante el volumen ajustado con el factor KER tenemos:

$$MF_C = \rho_{F_C} * VF_C$$

$$MF_C = 1.3 \text{ gr/cc} * 21.6 \text{ cc}$$

$$MF_C = 28.08 \text{ gr}$$

3.6.2.2 Construcción del molde

Para la construcción del molde partimos del volumen requerido por la probeta o volumen total calculado para el compuesto. Tenemos como dato que se requiere 270 mm de largo * 250 mm de ancho y un espesor de 6.4 mm.

Tabla 10. Elaboración del molde (Autor)

ELABORACIÓN DEL MOLDE		
ÍTEM	Actividad	Descripción
1	Comprar los materiales	La compra de los materiales se le realizó en DIPAC, donde se compró 2 planchas de acero A36 de 4mm de espesor 290*310 mm de área. De la misma manera se compró 1.6 metros de un perfil en “L” 1 1/2 *1 1/2*1/4 de pulgada.
2	Dimensionar y recortar el marco.	Se dimensionó y Recortó el perfil “L” que será el marco del molde. Se cortó 2 pedazos de 330 mm y 2 de 310 mm. Se cortó las esquinas a 45° en la parte donde se unirán.
3	Soldar el marco	Se soldaron las piezas de los 4 lados del marco y posteriormente se pulió la zona soldada para que quede totalmente plano.
4	Perforar los agujeros para los pernos.	Los agujeros se realizaron primero en la placa que servirá de base (8 agujeros), una vez perforada la tapa se marcó y perforó los agujeros en el marco y finalmente en la placa de tapa.
5	Ensamblar el conjunto	Como último paso de construcción se encuentra el ensamble del conjunto para ver que todo quede perfectamente en su sitio y corregir pequeños fallos.
6	Lijar las superficies	Una vez terminado la parte constructiva del molde se procedió a lijar (lija 250, 400 y 600) las superficies que estarán en contacto con la resina para eliminar imperfecciones e impurezas

En la siguiente figura se presenta el conjunto armado.








Fig. 3.4 Molde para elaboración de probetas
(Fuente : Autor)

3.6.2.3 Preparación de la fibra de cabuya

Para asegurar que toda la fibra de cabuya calculada en el literal 4.1.2.1 se distribuya de una manera más homogénea en cada una de las 2 capas requeridas para la fabricación del compuesto junto a la fibra de vidrio se recurrió a un proceso de tejido en los telares. A continuación se describe el proceso de tejido de la fibra de cabuya en los telares.

Tabla 11. Preparación de la fibra de cabuya

ÍTEM	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
1	Obtener la materia prima	La fibra de cabuya se obtiene artesanalmente mediante actividades de corte de la cabuya, desmembramiento de la celulosa adherida a la fibra, peinado y secado de las fibras.	
2	Preparar la cantidad de fibras requeridas para cada pasada.	Para obtener tejidos de fibra correspondientes al 10% del compuesto se requiere que cada pasada se encuentre formada por 10 fibras de cabuya.[30]	

3	Alistar el telar	Para preparar el telar se comienza enrollando los hilos requeridos en una trama. Posterior a ello se pasa los hilos por las agujas y finalmente se coloca la guía a 5 cm entre cada hilo.	
4	Tejer en el telar	El Artesano, haciendo uso de sus destrezas procedió a tejer las fibras según las características mencionadas anteriormente, para obtener un tejido de 50*70 cm se tiene que trabajar alrededor de 20 horas.	
5	Retirar del telar el tejido.	Mediante el uso de una tijera se procedió a cortar los hilos de algodón y a retirar el tejido del telar.	








(Fuente: Autor)


El tejido se lo realizó en la plaza artesanal de Salasaca en el local No 25 perteneciente al Sr. Heriberto Chango.

3.6.2.4 Fabricación y curado de las probetas

Los materiales necesarios para la fabricación del compuesto se compraron en Pinturas “Don Nelson” ubicada en el redondel de Huachi Chico, a 50 metros vía a Riobamba a excepción de la fibra de cabuya que tuvo que ser preparada mediante el proceso explicado en el literal 3.6.2.3.

Tabla 12. Elaboración de las probetas

ÍTEM	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
1	Comprar los materiales	Los materiales a utilizar son: Resina Poliéster, Catalizador MEK, cera desmoldante, liquido desmoldante, brocha, guaype, fibra de vidrio.	
2	Aplicar cera y líquido desmoldante en la tapa, marco y base del molde.	Primero se aplicó dos capas de líquido desmoldante, y luego dos capas de cera desmoldante dejando un tiempo de 10 min. entre cada aplicación.	
3	Recortar las capas de fibra de vidrio (FV) y fibra de cabuya (FC).	Las fibras se recortaron en trozos de 270*250 mm acorde a lo calculado en el literal 4.1.2.1.	
4	Preparar la resina con el MEK.	Se procedió a pesar la cantidad de resina poliéster calculado en el literal 4.1.2.1, la cantidad de MEK varía entre el 1 y 2 % de peso, para nuestro caso se utilizó el 1% de MEK.	
5	Moldear el compuesto.	Se aplicó la resina y las capas de fibras en el siguiente orden. (FV-FC-FV-FV-FC-FV).	
6	Tapar el molde	Una vez colocada todas las capas y la resina poliéster se procedió a tapar el molde y aplicar presión mediante pernos y tuercas.	
7	Desmoldar	Pasado las 24 horas se retiró del molde las probetas.	

8	Curado	El curado de las probetas fue de 21 días antes de las pruebas de maquinado.	
---	--------	---	---

(Fuente: Autor)

3.6.3 Ensayos

Los ensayos se realizaron en las instalaciones del local llamado “Control Numérico”, ubicado en la avenida el Rey, la máquina en la que se perforaron los agujeros es una CNC, marca SENFENG, modelo 1325, con una capacidad de hasta 24000 rpm en velocidad de husillo. Para las corridas experimentales se siguió el orden establecido en la tabla 10.



Fig. 3.5. Máquina CNC, SENFENG Modelo: 1325



Fig. 3.6. Ensayos. a) Broca HSS, b) Broca con cubierta de diamante, c) Broca de carburo especial para kevlar

(Fuente : Autor)

La separación entre agujeros se estableció en 18.5 mm entre centros de los agujeros, tal como se explicó en el punto 3.6.2.2 para diseñar el molde. La perforación total fue de 8 mm, para que las brocas pasen en su totalidad.

3.6.3.1 Mediciones

Para medir la rugosidad se decidió realizar una medición cada 90 grados del agujero en dirección de la velocidad de avance, para lo cual se utilizó el rugosímetro MITUTOYO SJ 210, posteriormente se promedia las cuatro mediciones obtenidas para adquirir la rugosidad de cada corrida experimental.

Antes de medir la rugosidad se construyó una base de madera que sirve para sujetar las probetas cada 9 agujeros tal como se muestra en la figura.



*Fig. 3.7. Probeta sujeta para la medición de rugosidad
(Fuente : Autor)*

Luego se procedió a medir la rugosidad en cada uno de los agujeros tal como se muestra en la siguiente figura, y una vez terminado se gira 90° para repetir las mediciones.



*Fig. 3.8. Mediciones de Rugosidad
(Fuente : Autor)*

Para las mediciones del Factor de Delaminación, se siguió un procedimiento desarrollado por U.A. Kashaba [5], donde se explica que primero hay que obtener una imagen digitalizada de los agujeros ensayados, preferentemente se debe utilizar

un escáner, para nuestro caso se utilizó un escáner EPSON L495 y se escaneo a 1200 pixeles que es la capacidad máxima del equipo.



Fig. 3.9. Imagen digitalizada del agujero taladrado. A) imagen original, b) imagen mejorada en contraste al 50% y c) imagen en blanco y negro
(Fuente : Autor)

Luego se debe cambiar la imagen obtenida a blanco y negro, pero por motivo de que la luz se reflejaba en la fibra de cabuya se desarrolló una corrección de imagen propia para el composite de estudio que consiste en aumentar el contraste lo que permite observar de mejor manera hasta donde se extiende el daño. El factor de delaminación se evaluó mediante imágenes con las dos correcciones antes mencionadas.

Finalmente una vez corregido la imagen se insertó en un software de diseño mecánico, y con la ayuda de una regla que se escaneo en simultaneo con los agujeros se pudo cuadrar la escala en el programa.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

4.1.1 Fichas de recolección de información Rugosidad

A continuación se muestra las fichas utilizadas para la recolección de datos, tanto de rugosidad media (Ra) como del factor de delaminación (Fd).

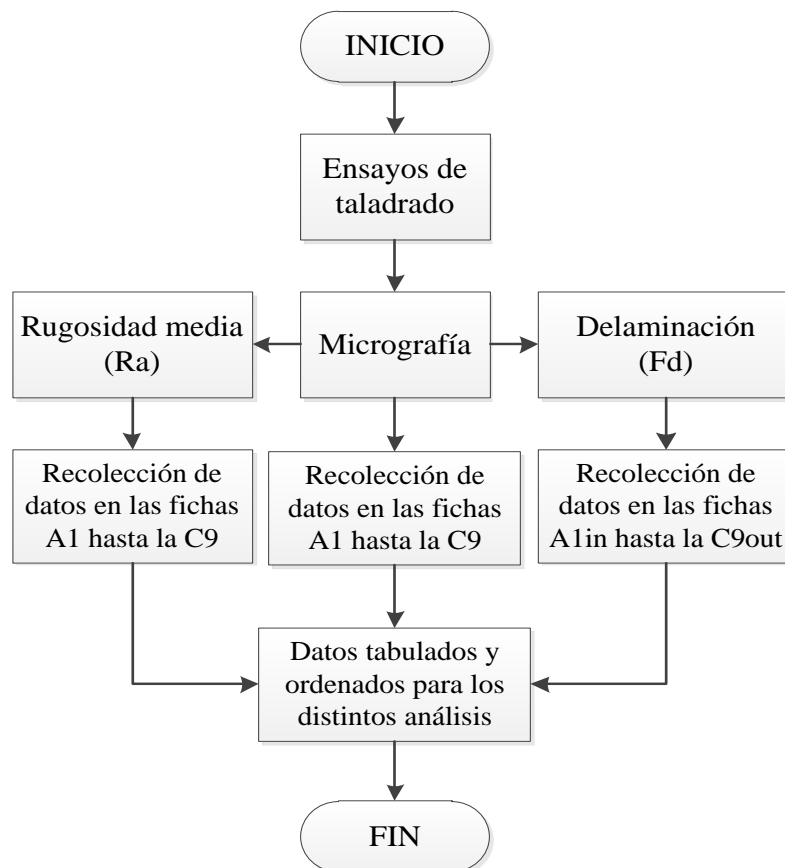


Fig. 4.1 Diagrama de recolección de datos (Autor)



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	08/01/2018	Ítem:	A1
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

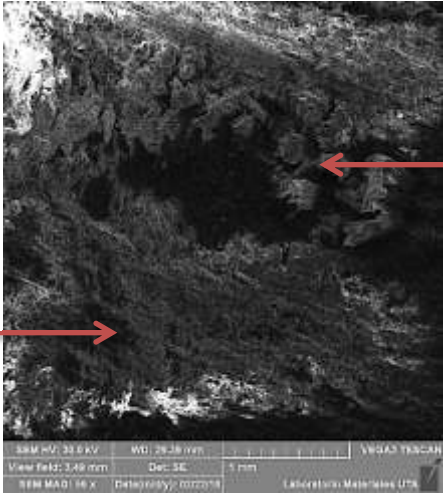
Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
A 1,1	3,492	4,600	3,745	2,601	3,609
A 1,2	4,298	2,978	3,653	2,995	3,481
A 1,3	5,242	3,551	4,031	3,755	4,145
PROMEDIO TOTAL					3.745

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
	A 1
	Rugosidad (Ra) um
	3.745



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	08/01/2018	Ítem:	A2
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
A 2,1	4,241	4,555	3,879	3,629	4,076
A 2,2	6,522	4,364	4,016	3,477	4,595
A 2,3	4,114	4,550	4,401	4,117	4,295
PROMEDIO TOTAL					4.322

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
<p style="text-align: center;">Capas Fibra de vidrio</p> <p style="text-align: center;">Fibra de cabuya</p>	A 2
	Rugosidad (Ra) um
	4.322



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	08/01/2018	Ítem:	A3
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
A 3,1	4,762	3,233	4,006	3,347	3,837
A 3,2	5,230	3,863	3,664	3,349	4,027
A 3,3	3,265	4,494	4,160	4,235	4,038
PROMEDIO TOTAL					3.967

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
	A 3
	Rugosidad (Ra) um
	3.967



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	08/01/2018	Ítem:	A4
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
A 4,1	4,710	3,195	3,895	2,966	3,691
A 4,2	4,263	3,849	3,374	4,171	3,914
A 4,3	3,817	4,008	3,084	5,406	4,078
PROMEDIO TOTAL					3.895

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
<p>Capas Fibra de vidrio</p> <p>Fibra de cabuya</p> <p>SEM HV: 20.0 kV WD: 29.38 mm VWDAS YESCAN View field: 1.83 mm Det: SE SEM MAG: 100 x Date/acq: 03/22/18 Laboratorio Materiales UTA</p>	A 4
	Rugosidad (Ra) um
	3.895



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	08/01/2018	Ítem:	A5
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
A 5,1	4,339	3,399	3,898	3,204	3,710
A 5,2	3,655	3,914	3,493	3,785	3,712
A 5,3	2,785	3,875	3,312	2,954	3,231
PROMEDIO TOTAL					3.551

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
	A 5
	Rugosidad (Ra) um
	3.551



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	08/01/2018	Ítem:	A6
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
A 6,1	3,713	3,802	4,455	3,246	3,804
A 6,2	7,010	3,676	3,963	3,241	4,472
A 6,3	3,941	3,481	2,697	3,872	3,498
PROMEDIO TOTAL					3.925

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
	A 6
	Rugosidad (Ra) um
	3.925



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	08/01/2018	Ítem:	A7
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
A 7,1	3,052	4,107	2,862	2,892	3,228
A 7,2	3,224	3,898	4,440	3,414	3,744
A 7,3	4,005	4,214	3,494	4,309	4,006
PROMEDIO TOTAL					3.659

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
	A 7
	Rugosidad (Ra) um
	3.659



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	08/01/2018	Ítem:	A8
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
A 8,1	4,150	4,581	4,427	5,765	4,731
A 8,2	3,712	4,148	3,183	4,716	3,939
A 8,3	2,671	4,489	2,988	3,564	3,428
PROMEDIO TOTAL					4.033

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
	A 8
	Rugosidad (Ra) um
	4.033



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	08/01/2018	Ítem:	A9
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
A 9,1	4,159	4,225	3,818	3,261	3,866
A 9,2	6,246	4,832	4,574	4,738	5,097
A 9,3	3,153	4,658	3,748	2,705	3,566
PROMEDIO TOTAL					4.176

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
	A 9
	Rugosidad (Ra) um
	4.176



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	09/01/2018	Ítem:	B1
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
B 1,1	3,151	3,246	2,963	4,290	3,413
B 1,2	3,225	3,013	2,692	3,287	3,054
B 1,3	3,345	3,711	2,630	3,273	3,240
PROMEDIO TOTAL					3.235

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
	B 1
	Rugosidad (Ra) um
	3.235



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	09/01/2018	Ítem:	B2
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
B 2,1	3,865	4,157	3,688	4,029	3,935
B 2,2	3,862	4,425	3,793	3,413	3,873
B 2,3	3,812	4,133	4,028	3,112	3,771
PROMEDIO TOTAL					3.860

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
	B 2
	Rugosidad (Ra) um
	3.860



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	09/01/2018	Ítem:	B3
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
B 3,1	3,919	4,282	4,296	4,979	4,369
B 3,2	4,153	4,557	3,555	3,736	4,000
B 3,3	4,683	3,818	4,081	6,003	4,646
PROMEDIO TOTAL					4.338

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
	B 3
	Rugosidad (Ra) um
	4.338



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	09/01/2018	Ítem:	B4
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
B 4,1	4,001	4,047	4,064	3,788	3,975
B 4,2	5,678	3,894	3,871	3,949	4,348
B 4,3	2,860	4,300	4,418	4,091	3,917
PROMEDIO TOTAL					4.080

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
	B 4
	Rugosidad (Ra) um
	4.080



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	09/01/2018	Ítem:	B5
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
B 5,1	4,428	3,998	3,786	3,206	3,855
B 5,2	4,033	4,449	4,138	5,097	4,429
B 5,3	3,977	4,426	4,511	4,051	4,241
PROMEDIO TOTAL					4.175

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada		Probeta
	<p>Fibra de cabuya</p> <p>Capas Fibra de vidrio</p>	B 5
		Rugosidad (Ra) um
		4.175



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	09/01/2018	Ítem:	B6
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
B 6,1	5,132	5,094	3,875	3,801	4,476
B 6,2	5,041	3,806	4,932	2,933	4,178
B 6,3	4,782	4,754	4,797	5,642	4,994
PROMEDIO TOTAL					4.549

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
	B 6
	Rugosidad (Ra) um
	4.549



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	09/01/2018	Ítem:	B7
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
B 7,1	3,750	4,697	4,773	5,158	4,595
B 7,2	3,760	3,272	3,999	4,043	3,769
B 7,3	3,648	3,921	3,798	4,133	3,875
PROMEDIO TOTAL					4.079

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
	B 7
	Rugosidad (Ra) um
	4.079



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	09/01/2018	Ítem:	B8
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
B 8,1	4,612	3,931	4,344	3,749	4,159
B 8,2	3,677	3,636	5,001	5,032	4,336
B 8,3	5,061	4,707	4,397	3,446	4,402
PROMEDIO TOTAL					4.299

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
	B 8
	Rugosidad (Ra) um
	4.299



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	09/01/2018	Ítem:	B9
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
B 9,1	5,420	3,954	4,667	4,897	4,735
B 9,2	4,069	4,783	4,771	4,352	4,494
B 9,3	6,160	4,734	4,490	5,298	5,170
PROMEDIO TOTAL					4.800

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
<p>Capas Fibra de vidrio </p>	B 9
	Rugosidad (Ra) um
	4.800



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	10/01/2018	Ítem:	C1
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm (50%)	Avance:	100 mm/min(50%)
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

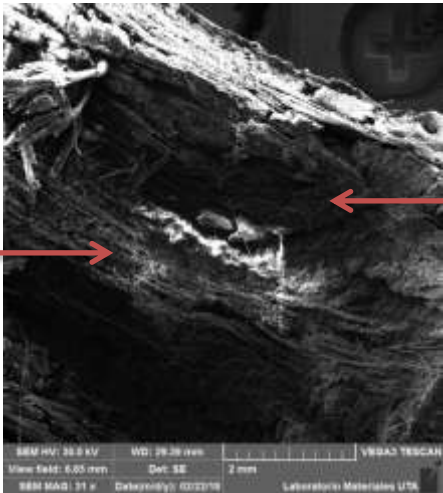
Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
C 1,1	8,343	6,458	5,489	6,891	6,795
C 1,2	5,755	7,297	7,532	4,945	6,382
C 1,3	5,145	4,260	5,597	5,214	5,054
PROMEDIO TOTAL					6.077

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
	C 1
	Rugosidad (Ra) um
	6.077



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	10/01/2018	Ítem:	C2
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm(50%)	Avance:	200 mm/min(50%)
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
C 2,1	6,437	3,494	5,259	7,818	5,752
C 2,2	8,778	5,127	3,136	5,825	5,717
C 2,3	7,521	8,421	5,755	6,742	7,110
PROMEDIO TOTAL					6.193

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada		Probeta
		C 2
		Rugosidad (Ra) um
		6.193



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	10/01/2018	Ítem:	C3
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm(50%)	Avance:	300 mm/min(50%)
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
C 3,1	6,142	5,035	3,663	5,457	5,074
C 3,2	3,725	8,462	3,966	6,359	5,628
C 3,3	4,727	5,998	5,921	4,593	5,310
PROMEDIO TOTAL					5.337

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
	C3
	Rugosidad (Ra) um
	5.337



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	10/01/2018	Ítem:	C4
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm(50%)	Avance:	100 mm/min(50%)
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
C 4,1	2,990	4,010	8,560	7,494	5,764
C 4,2	3,895	5,033	3,565	4,243	4,184
C 4,3	5,112	4,123	6,896	4,040	5,043
PROMEDIO TOTAL					4.997

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
	C 4
	Rugosidad (Ra) um
	4.997



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	10/01/2018	Ítem:	C5
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm(50%)	Avance:	200 mm/min(50%)
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
C 5,1	5,600	6,687	6,617	5,741	6,161
C 5,2	5,260	5,524	5,890	6,553	5,807
C 5,3	5,199	7,276	7,079	6,243	6,449
PROMEDIO TOTAL					6.139

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
<p>Capas Fibra de vidrio</p> <p style="text-align: right;">Fibra de cabuya</p>	C 5
	Rugosidad (Ra) um
	6.139



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	10/01/2018	Ítem:	C6
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm(50%)	Avance:	300 mm/min(50%)
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
C 6,1	3,948	5,849	3,740	5,148	4,671
C 6,2	4,697	4,349	4,935	4,267	4,562
C 6,3	3,948	3,111	4,237	7,313	4,652
PROMEDIO TOTAL					4.629

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
	C 6
	Rugosidad (Ra) um
	4.629



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	10/01/2018	Ítem:	C7
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm(50%)	Avance:	100 mm/min(50%)
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

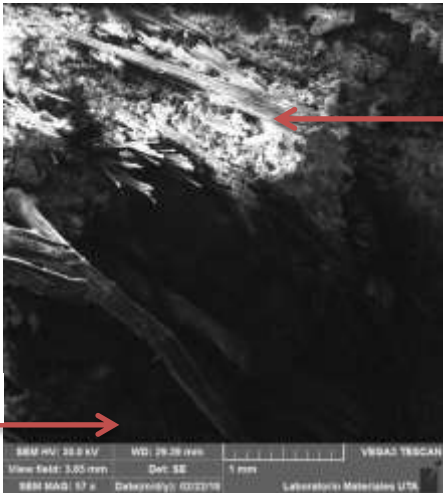
Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
C 7,1	4,306	4,549	4,343	5,963	4,790
C 7,2	4,151	5,382	3,527	5,287	4,587
C 7,3	4,760	4,455	3,441	5,530	4,547
PROMEDIO TOTAL					4.641

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
	C 7
	Rugosidad (Ra) um
	4.641



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	10/01/2018	Ítem:	C8
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm(50%)	Avance:	200 mm/min(50%)
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

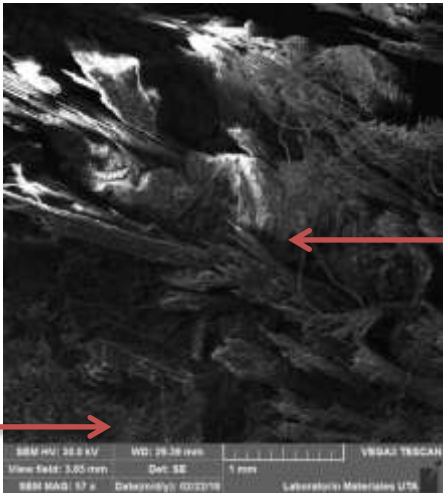
Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λ_c	λ_s	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6

REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
C 8,1	4,190	2,994	3,926	3,105	3,554
C 8,2	4,579	5,836	4,910	2,632	4,489
C 8,3	6,549	5,635	4,431	8,209	6,206
PROMEDIO TOTAL					4.750

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
 <p style="text-align: right;">Fibra de cabuya</p> <p>Capas Fibra de vidrio</p> <p style="font-size: small;">SEM HV: 30.0 kV WD: 29.38 mm VWDJ: YESCAN View field: 3.00 mm Det: SE 1 mm SEM MAG: 57 x Date/acq: 03/03/18 Laboratorio Materiales UTA</p>	C 8
	Rugosidad (Ra) um
	4.750



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



FICHA DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Medición de Rugosidad (Ra)
Fecha de ejecución:	10/01/2018	Ítem:	C9
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato		
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm(50%)	Avance:	300 mm/min(50%)
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(FV+FC) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de medición rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Norma	λc	λs	Mediciones
ISO 1997	0,8 mm	0,25 mm	X6



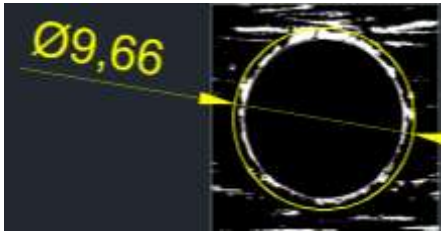
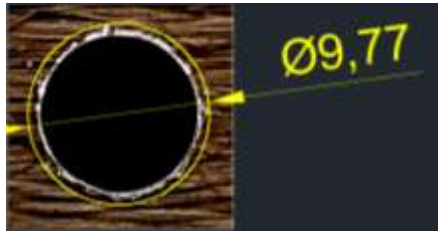
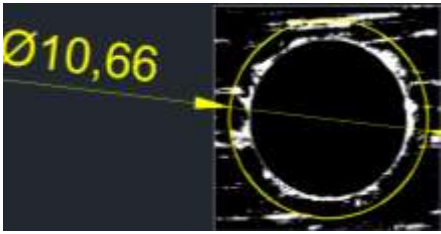
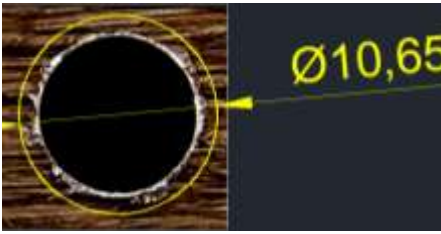
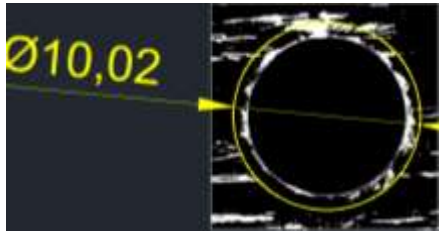
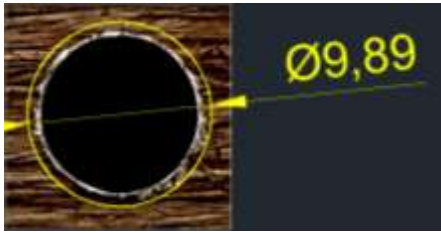
REGISTRO DE MEDICIONES Ra (um)

Probeta	0°	90°	180°	270°	Promedio (um)
C 9,1	5,869	7,029	6,041	4,411	5,838
C 9,2	6,936	5,249	5,197	6,592	5,994
C 9,3	6,484	3,499	5,330	6,592	5,476
PROMEDIO TOTAL					5.769

RESULTADOS

Fotografía tomada con el microscopio de barrido de la zona perforada	Probeta
	C9
	Rugosidad (Ra) um
	5.769

4.1.2 Fichas de recolección de información (Factor de delaminación entrada)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"						
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)			
Fecha de ejecución:	15/01/2018	Ítem:	A1 _{in}			
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca			
Parámetros de Taladrado						
Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm			
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	100 mm/min			
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente					
Parámetros de digitalización de imágenes						
Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones			
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico			
REGISTRO DE MEDICIONES						
Probeta	Imagen con corrección 1		Imagen con corrección 2		Promedio	Fd
A1.1 _{in}					9.72 mm	1.143
A1.2 _{in}					10.66 mm	1.254
A1.3 _{in}					9.96 mm	1.171
PROMEDIO TOTAL (Fd)					1.189	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	15/01/2018	Ítem:	A2 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
A2.1 _{in}			10.40 mm	1.224
A2.2 _{in}			10.10 mm	1.188
A2.3 _{in}			10.12 mm	1.191
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.201	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	15/01/2018	Ítem:	A3 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
A3.1 _{in}			10.19 mm	1.198
A3.2 _{in}			10.72 mm	1.261
A3.3 _{in}			9.83 mm	1.156
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.205	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	15/01/2018	Ítem:	A4 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
A4.1 _{in}			10.07 mm	1.184
A4.2 _{in}			9.97 mm	1.172
A4.3 _{in}			9.75 mm	1.146
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.168	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	15/01/2018	Ítem:	A5 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
A5.1 _{in}			9.74 mm	1.145
A5.2 _{in}			10.22 mm	1.202
A5.3 _{in}			10.38 mm	1.221
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.190	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	15/01/2018	Ítem:	A6 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
A6.1 _{in}			9.66 mm	1.136
A6.2 _{in}			11.07 mm	1.302
A6.3 _{in}			10.40 mm	1.224
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.221	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	15/01/2018	Ítem:	A7 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
A7.1 _{in}			10.14 mm	1.193
A7.2 _{in}			9.94 mm	1.169
A7.3 _{in}			10.25 mm	1.205
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.189	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	15/01/2018	Ítem:	A8 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
A8.1 _{in}			10.20 mm	1.200
A8.2 _{in}			10.07 mm	1.184
A8.3 _{in}			10.12 mm	1.190
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.191	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	15/01/2018	Ítem:	A9 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
A9.1 _{in}			10.84 mm	1.275
A9.2 _{in}			10.41 mm	1.224
A9.3 _{in}			10.13 mm	1.192
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.230	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	16/01/2018	Ítem:	B1 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
B1.1 _{in}			9.31 mm	1.095
B1.2 _{in}			9.96 mm	1.171
B1.3 _{in}			10.27 mm	1.208
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.158	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	16/01/2018	Ítem:	B1 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
B2.1 _{in}			10.28 mm	1.209
B2.2 _{in}			9.61 mm	1.131
B2.3 _{in}			9.66 mm	1.136
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.159	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	16/01/2018	Ítem:	B3 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
B3.1 _{in}			10.78 mm	1.268
B3.2 _{in}			10.34 mm	1.216
B3.3 _{in}			10.58 mm	1.245
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.243	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	16/01/2018	Ítem:	B4 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
B4.1 _{in}			9.67 mm	1.137
B4.2 _{in}			10.09 mm	1.187
B4.3 _{in}			9.66 mm	1.136
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.154	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	16/01/2018	Ítem:	B5 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
B5.1 _{in}			9.76 mm	1.148
B5.2 _{in}			9.92 mm	1.166
B5.3 _{in}			9.75 mm	1.147
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.154	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	16/01/2018	Ítem:	B6 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
B6.1 _{in}			9.72 mm	1.144
B6.2 _{in}			10.14 mm	1.192
B6.3 _{in}			10.75 mm	1.265
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.200	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	16/01/2018	Ítem:	B7 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
B7.1 _{in}			9.59 mm	1.128
B7.2 _{in}			9.79 mm	1.151
B7.3 _{in}			10.22 mm	1.202
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.160	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	16/01/2018	Ítem:	B8 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
B8.1 _{in}			9.56 mm	1.124
B8.2 _{in}			9.65 mm	1.135
B8.3 _{in}			9.89 mm	1.164
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.141	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	16/01/2018	Ítem:	B9 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
B9.1 _{in}			10.52 mm	1.238
B9.2 _{in}			10.02 mm	1.179
B9.3 _{in}			10.22 mm	1.202
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.206	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	17/01/2018	Ítem:	C1 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca estándar HSS	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
C1.1 _{in}			21.59 mm	2.540
C1.2 _{in}			19.65 mm	2.311
C1.3 _{in}			22.71 mm	2.672
PROMEDIO TOTAL (Fd)			2.508	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	17/01/2018	Ítem:	C2 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca estándar HSS	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
C2.1 _{in}			18.99 mm	2.234
C2.2 _{in}			18.83 mm	2.215
C2.3 _{in}			21.00 mm	2.471
PROMEDIO TOTAL (Fd)			2.306	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	17/01/2018	Ítem:	C3 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca estándar HSS	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
C3.1 _{in}			21.54 mm	2.534
C3.2 _{in}			20.75 mm	2.441
C3.3 _{in}			19.12 mm	2.249
PROMEDIO TOTAL (Fd)			2.408	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	17/01/2018	Ítem:	C4 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca estándar HSS	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
C4.1 _{in}			17.49 mm	2.057
C4.2 _{in}			19.47 mm	2.291
C4.3 _{in}			18.57 mm	2.185
PROMEDIO TOTAL (Fd)			2.177	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	17/01/2018	Ítem:	C5 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca estándar HSS	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
C5.1 _{in}			18.78 mm	2.209
C5.2 _{in}			19.99 mm	2.351
C5.3 _{in}			20.20 mm	2.376
PROMEDIO TOTAL (Fd)			2.312	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	17/01/2018	Ítem:	C6 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca estándar HSS	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
C6.1 _{in}			19.96 mm	2.348
C6.2 _{in}			21.47 mm	2.525
C6.3 _{in}			21.04 mm	2.475
PROMEDIO TOTAL (Fd)			2.449	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	17/01/2018	Ítem:	C7 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca estándar HSS	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
C7.1 _{in}			20.37 mm	2.396
C7.2 _{in}			19.62 mm	2.308
C7.3 _{in}			18.78 mm	2.209
PROMEDIO TOTAL (Fd)			2.305	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	17/01/2018	Ítem:	C8 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca estándar HSS	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
C8.1 _{in}			17.38 mm	2.044
C8.2 _{in}			14.07 mm	1.655
C8.3 _{in}			18.00 mm	2.117
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.939	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	17/01/2018	Ítem:	C9 _{in}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca estándar HSS	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		



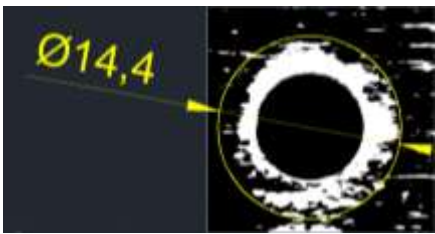
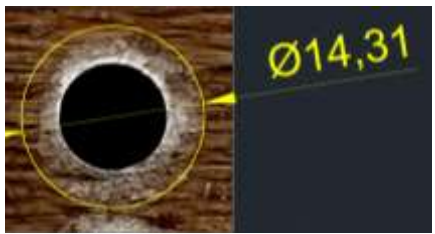
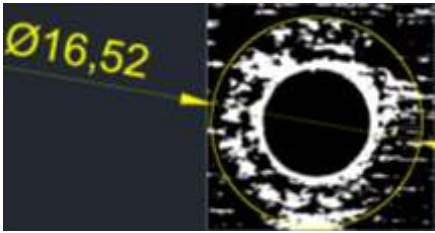
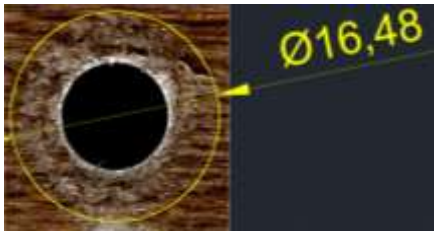
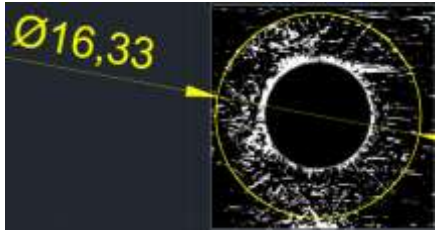
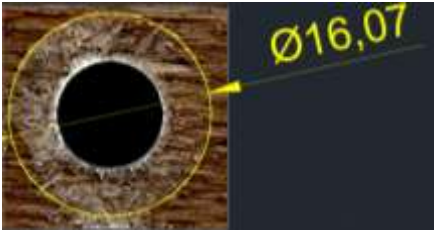
Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
C9.1 _{in}			17.96 mm	2.113
C9.2 _{in}			18.40 mm	2.165
C9.3 _{in}			21.62 mm	2.544
PROMEDIO TOTAL (Fd)			2.274	

4.1.3 Fichas de recolección de información (Factor de delaminación salida)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"						
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)			
Fecha de ejecución:	18/01/2018	Ítem:	A1 _{out}			
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca			
Parámetros de Taladrado						
Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante		Diámetro:	8.5 mm		
Velocidad de husillo:	1000 rpm		Avance:	100 mm/min		
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente					
Parámetros de digitalización de imágenes						
Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones			
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico			
REGISTRO DE MEDICIONES						
Probeta	Imagen con corrección 1		Imagen con corrección 2		Promedio	Fd
A1.1 _{out}					14.36 mm	1.689
A1.2 _{out}					16.50 mm	1.941
A1.3 _{out}					16.20 mm	1.906
PROMEDIO TOTAL (Fd)					1.845	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	18/01/2018	Ítem:	A2 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
A2.1 _{out}			15.85 mm	1.864
A2.2 _{out}			16.36 mm	1.925
A2.3 _{out}			14.81 mm	1.742
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.844	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	18/01/2018	Ítem:	A3 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
A3.1 _{out}			15.37 mm	1.808
A3.2 _{out}			11.27 mm	1.326
A3.3 _{out}			12.36 mm	1.454
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.529	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	18/01/2018	Ítem:	A4 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
A4.1 _{out}			13.33 mm	1.568
A4.2 _{out}			16.13 mm	1.898
A4.3 _{out}			18.68 mm	2.197
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.888	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	18/01/2018	Ítem:	A5 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
A5.1 _{out}			16.76 mm	1.971
A5.2 _{out}			15.20 mm	1.788
A5.3 _{out}			15.39 mm	1.811
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.856	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	18/01/2018	Ítem:	A6 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
A6.1 _{out}			15.41 mm	1.812
A6.2 _{out}			17.25 mm	2.029
A6.3 _{out}			13.48 mm	1.585
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.809	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	18/01/2018	Ítem:	A7 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
A7.1 _{out}			14.98 mm	1.762
A7.2 _{out}			14.48 mm	1.703
A7.3 _{out}			14.14 mm	1.663
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.709	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	18/01/2018	Ítem:	A8 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
A8.1 _{out}			10.97 mm	1.291
A8.2 _{out}			16.51 mm	1.942
A8.3 _{out}			14.72 mm	1.732
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.655	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	18/01/2018	Ítem:	A9 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca con cubierta de diamante	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
A9.1 _{out}			14.84 mm	1.746
A9.2 _{out}			15.45 mm	1.817
A9.3 _{out}			13.71 mm	1.613
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.725	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	19/01/2018	Ítem:	B1 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
B1.1 _{out}			11.31 mm	1.331
B1.2 _{out}			10.77 mm	1.267
B1.3 _{out}			10.37 mm	1.220
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.273	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	19/01/2018	Ítem:	B2 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
B2.1 _{out}			12.04 mm	1.416
B2.2 _{out}			11.63 mm	1.368
B2.3 _{out}			11.66 mm	1.372
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.385	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	19/01/2018	Ítem:	B3 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
B3.1 _{out}			10.76 mm	1.266
B3.2 _{out}			10.67 mm	1.255
B3.3 _{out}			11.54 mm	1.359
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.293	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	19/01/2018	Ítem:	B4 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
B4.1 _{out}			12.12 mm	1.425
B4.2 _{out}			12.31 mm	1.448
B4.3 _{out}			12.19 mm	1.434
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.436	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	19/01/2018	Ítem:	B5 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
B5.1 _{out}			12.95 mm	1.523
B5.2 _{out}			13.20 mm	1.552
B5.3 _{out}			20.27 mm	1.208
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.428	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	19/01/2018	Ítem:	B6 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
B6.1 _{out}			11.75 mm	1.382
B6.2 _{out}			11.94 mm	1.405
B6.3 _{out}			10.89 mm	1.282
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.428	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	19/01/2018	Ítem:	B7 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
B7.1 _{out}			10.98 mm	1.292
B7.2 _{out}			10.64 mm	1.252
B7.3 _{out}			11.91 mm	1.401
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.315	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	19/01/2018	Ítem:	B8 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
B8.1 _{out}			14.58 mm	1.715
B8.2 _{out}			11.30 mm	1.329
B8.3 _{out}			13.58 mm	1.529
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.547	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	19/01/2018	Ítem:	B9 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca especial para Kevlar	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
B9.1 _{out}			12.69 mm	1.493
B9.2 _{out}			10.69 mm	1.258
B9.3 _{out}			13.01 mm	1.531
PROMEDIO TOTAL (Fd)			1.427	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	20/01/2018	Ítem:	C1 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca estándar HSS	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
C1.1 _{out}			17.71 mm	2.084
C1.2 _{out}			18.51 mm	2.178
C1.3 _{out}			20.85 mm	2.454
PROMEDIO TOTAL (Fd)			2.238	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	20/01/2018	Ítem:	C2 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca estándar HSS	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
C2.1 _{out}			19.97 mm	2.349
C2.2 _{out}			18.98 mm	2.233
C2.3 _{out}			22.25 mm	2.618
PROMEDIO TOTAL (Fd)			2.400	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	20/01/2018	Ítem:	C3 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca estándar HSS	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	1000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
C3.1 _{out}			21.4 mm	2.518
C3.2 _{out}			21.22 mm	2.496
C3.3 _{out}			23.43 mm	2.756
PROMEDIO TOTAL (Fd)			2.590	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	20/01/2018	Ítem:	C4 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca estándar HSS	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
C4.1 _{out}			18.49 mm	2.175
C4.2 _{out}			18.92 mm	2.226
C4.3 _{out}			22.16 mm	2.607
PROMEDIO TOTAL (Fd)			2.336	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	20/01/2018	Ítem:	C5 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca estándar HSS	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
C5.1 _{out}			19.42 mm	2.284
C5.2 _{out}			19.65 mm	2.312
C5.3 _{out}			23.62 mm	2.779
PROMEDIO TOTAL (Fd)			2.458	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	20/01/2018	Ítem:	C6 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca estándar HSS	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	2000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
C6.1 _{out}			19.31 mm	2.272
C6.2 _{out}			19.33 mm	2.274
C6.3 _{out}			23.31 mm	2.742
PROMEDIO TOTAL (Fd)			2.429	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	20/01/2018	Ítem:	C7 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca estándar HSS	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	100 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
C7.1 _{out}			17.1 mm	2.012
C7.2 _{out}			16.77 mm	1.973
C7.3 _{out}			19.65 mm	2.311
PROMEDIO TOTAL (Fd)			2.099	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	20/01/2018	Ítem:	C8 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca estándar HSS	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	200 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
C8.1 _{out}			14.85 mm	1.745
C8.2 _{out}			14.99 mm	1.764
C8.3 _{out}			21.3 mm	2.506
PROMEDIO TOTAL (Fd)			2.005	



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



FICHA "FACTOR DE DELAMINACIÓN"

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	Descripción:	Factor de Delaminación (Fd)
Fecha de ejecución:	20/01/2018	Ítem:	C9 _{out}
Realizado por:	Edwin Moya	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca

Parámetros de Taladrado

Tipo de broca:	Broca estándar HSS	Diámetro:	8.5 mm
Velocidad de husillo:	3000 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz poliéster y refuerzo híbrido(Fv+Fc) 70%-30% respectivamente		

Parámetros de digitalización de imágenes

Resolución	Corrección 1	Corrección 2	Mediciones
1200 pixeles	Blanco/negro	Contraste 50%	Software de diseño mecánico

REGISTRO DE MEDICIONES

Probeta	Imagen con corrección 1	Imagen con corrección 2	Promedio	Fd
C9.1 _{out}			19.9 mm	2.341
C9.2 _{out}			17.04 mm	2.004
C9.3 _{out}			15.43 mm	1.815
PROMEDIO TOTAL (Fd)			2.053	

4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.2.1 Análisis rugosidad

A continuación se presenta un cuadro resumen con los datos obtenidos al medir la rugosidad media (Ra).

Tabla 13. Resultados de la medición de la Rugosidad (Ra)um

Ensayo	Broca con cubierta de diamante	Broca de carburo especial para kevlar	Broca HSS
Corrida 1	3,745	3,235	6,077
Corrida 2	4,322	3,860	6,193
Corrida 3	3,967	4,338	5,337
Corrida 4	3,895	4,080	4,997
Corrida 5	3,551	4,175	6,139
Corrida 6	3,925	4,549	4,629
Corrida 7	3,659	4,079	4,641
Corrida 8	4,033	4,299	4,750
Corrida 9	4,176	4,800	5,769

El mejor acabado en lo referente a rugosidad media Ra se obtiene con la broca especial para Kevlar en la primera corrida (Vel. Husillo = 1000 rpm, Vel. Avance 100 mm/min).

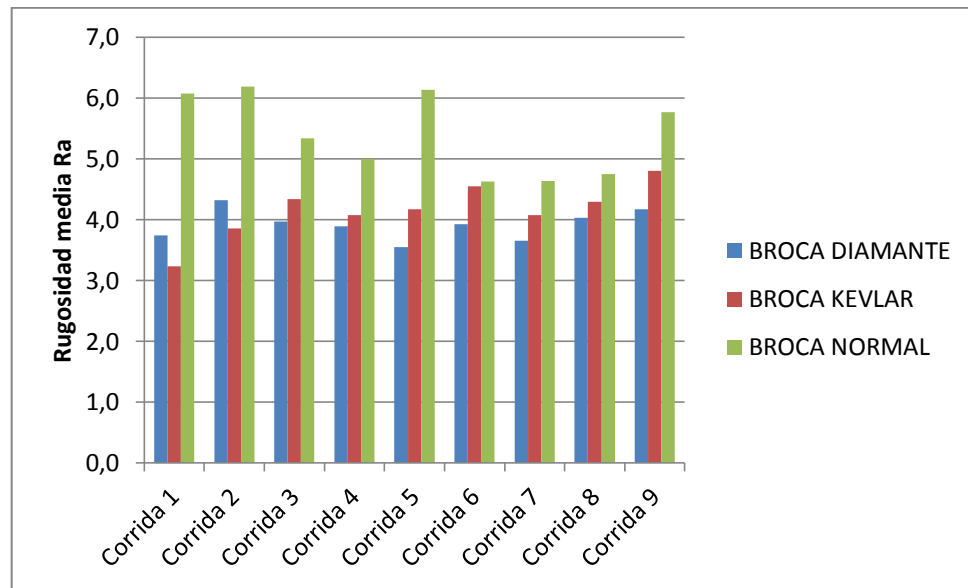


Fig. 4.1. Gráfica de barras de la Rugosidad vs corridas experimentales
(Fuente: Autor)

La figura 4.1 nos muestra claramente que la rugosidad obtenida con la broca estándar HSS está muy por encima de la rugosidad obtenida tanto por la broca especial para Kevlar como con la broca con recubierta de diamante, pese a que para las corridas experimentales con la broca estándar se utilizó los parámetros de corte y avance al 50%.

Se puede identificar gráficamente que la mejor rugosidad media se obtiene en la primera corrida con la broca especial para Kevlar $Ra=3.235 \mu m$, seguida por la rugosidad de la corrida 5 con la broca cubierta de diamante $Ra=3.551 \mu m$.

También se puede observar que la broca con cubierta de diamante provee mejores resultados de acabado en casi todas las corridas experimentales con excepción de las corridas 1 y 2 donde es la broca especial para Kevlar la que marca diferencia.

4.2.1.1 Análisis de la rugosidad media (Ra) respecto a la velocidad de giro de husillo.

a) Broca con cubierta de diamante

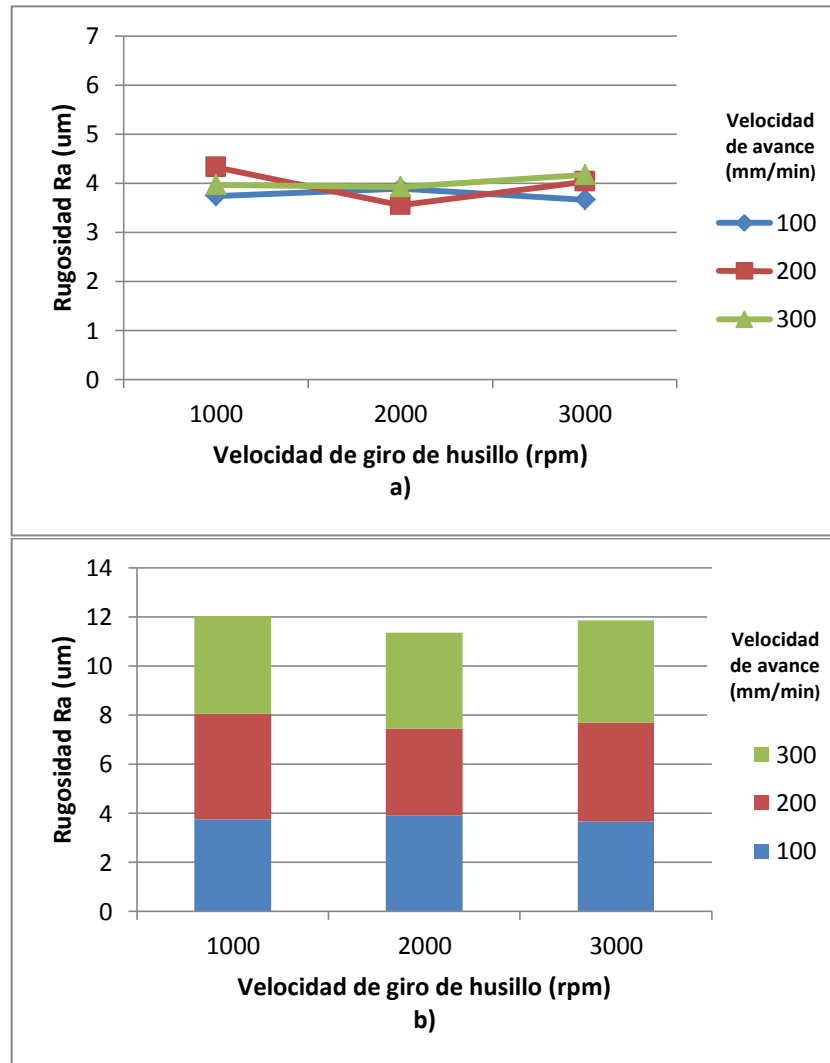


Fig. 4.2. Representación del efecto de la velocidad de giro de husillo respecto a la rugosidad media Ra (B. Diamante). a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados. (Fuente: Autor)

Como se puede observar en la figura 4.2 a) Cuando se utiliza la broca con cubierta de diamante la rugosidad tiende a ser menor mientras se aumenta la velocidad de giro de husillo, salvo cuando se alcanza una velocidad de husillo de 2000 rpm que actúa como punto de inflexión cambiando la tendencia, en la figura 4.2 b) se puede observar más claramente que la tendencia

hacia la baja se mantiene mientras se aumenta la velocidad de giro de husillo de 1000 rpm a 2000 rpm y luego vuelve a crecer cuando se llega a las 3000rpm.

b) Broca especial para Kevlar

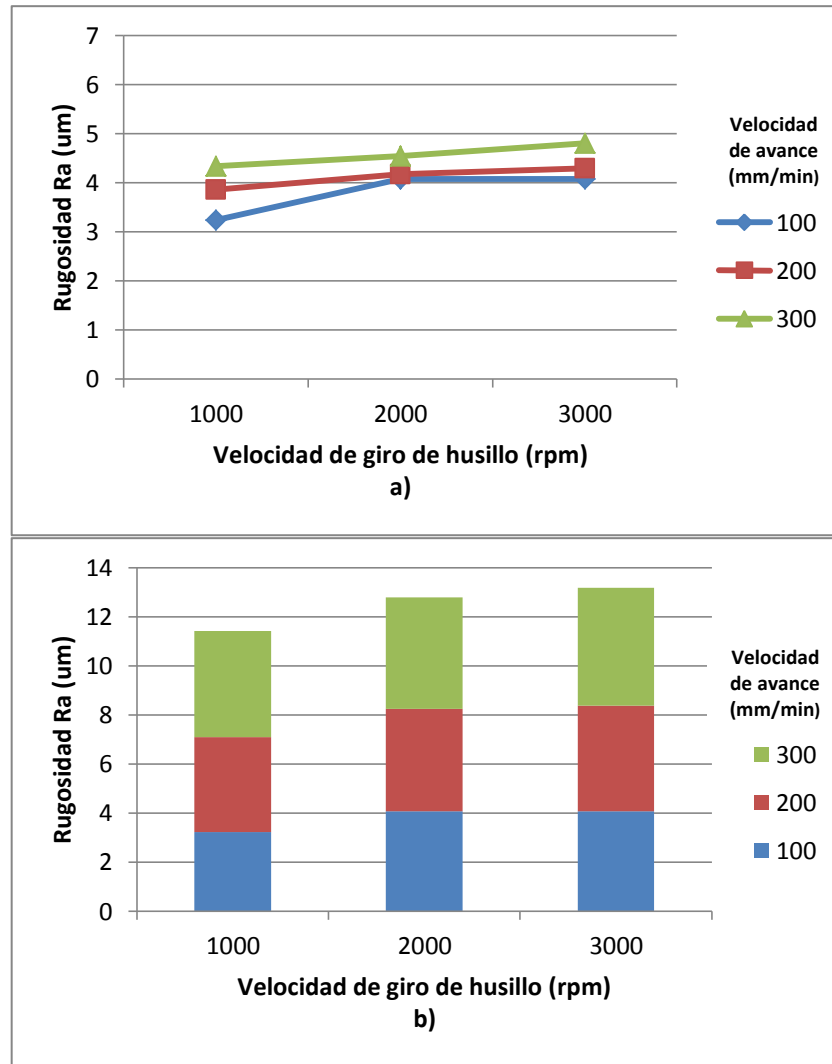


Fig. 4.3. Representación del efecto de la velocidad de giro de husillo respecto a la rugosidad media Ra.(B. Kevlar) a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados.
(Fuente: Autor)

La broca especial para Kevlar muestra una tendencia más marcada, en las gráficas a y b se observa claramente que al aumentar la velocidad de giro de husillo también aumenta la rugosidad media (Ra) resultante.

c) Broca estándar HSS

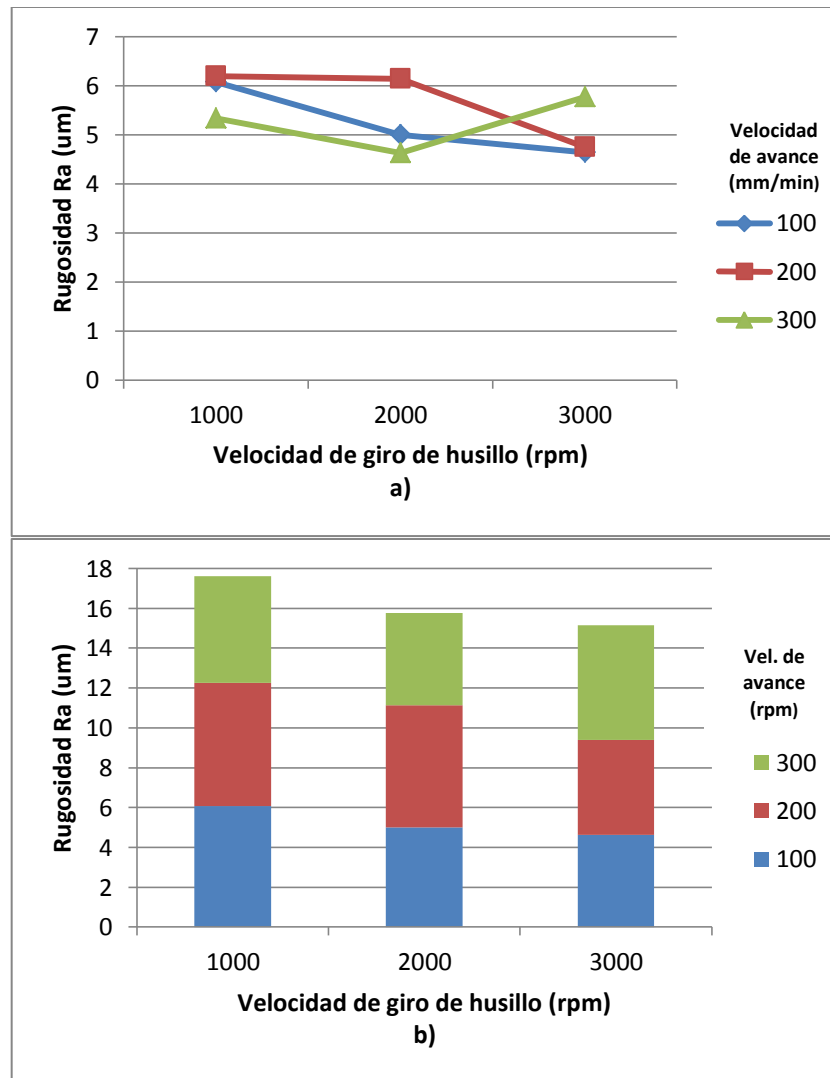


Fig. 4.4. Representación del efecto de la velocidad de giro de husillo respecto a la rugosidad media Ra. (B. Estándar) a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados. (Fuente: Autor)

Se puede apreciar claramente que la velocidad de giro de husillo influye de gran manera en la rugosidad media final, mientras más rápido gire el husillo la rugosidad media (Ra) disminuye.

4.2.1.2 Análisis de la rugosidad media (Ra) respecto a la velocidad de avance.

a) Broca con cubierta de diamante

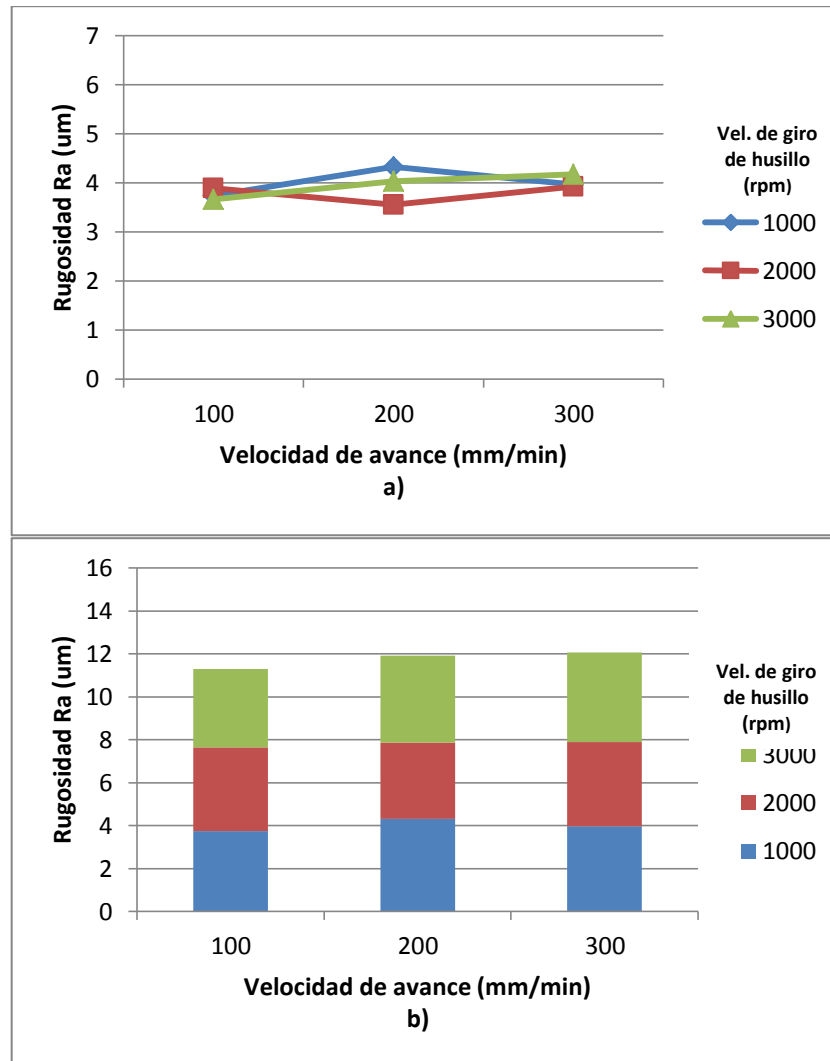


Fig. 4.5. Representación del efecto de la velocidad de avance respecto a la rugosidad media Ra.(B. Diamante) a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados.
(Fuente: Autor)

El Efecto es más concluyente para la velocidad de avance mientras aumenta de 100 mm/min a 300mm/min también lo hace la rugosidad media (Ra) obtenida tal como se evidencia de mejor manera en la figura 4.5 b).

b) Broca especial para Kevlar

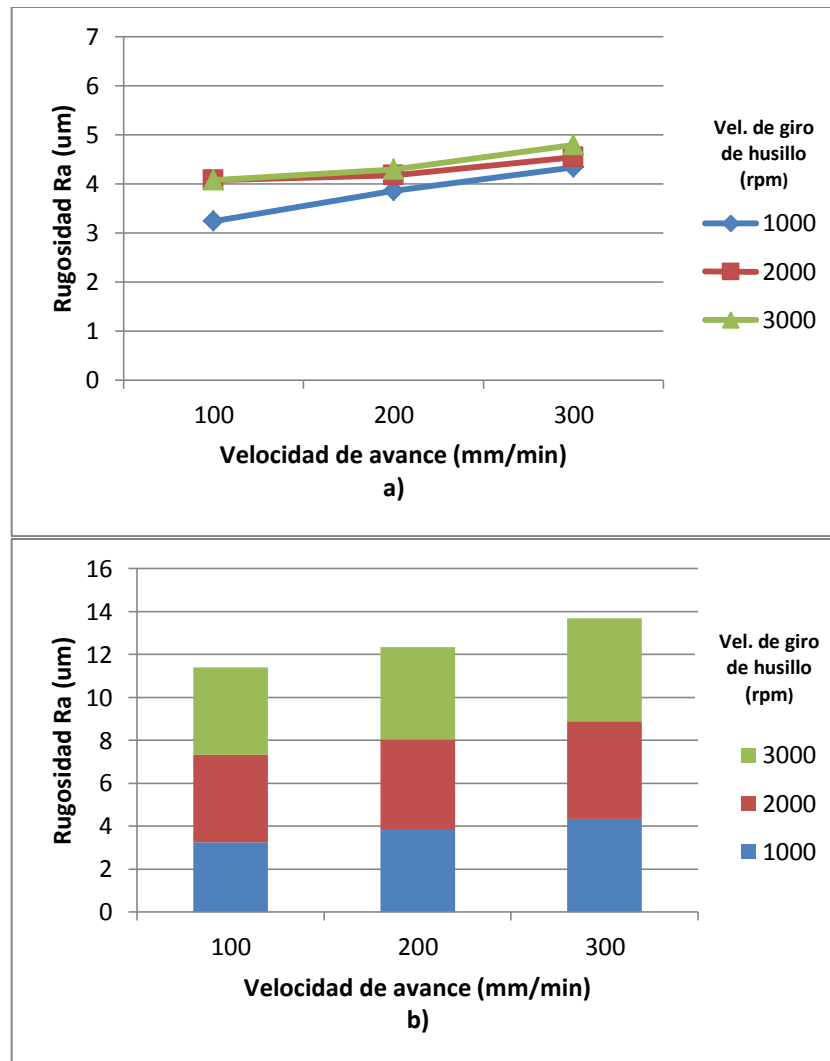


Fig.4.6. Representación del efecto de la velocidad de avance respecto a la rugosidad media Ra. (B. Kevlar) a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados.

(Fuente: Autor)

De la misma manera que sucedió con la broca con cubierta de diamante mientras se aumenta la velocidad de avance también aumenta la rugosidad media (Ra), solo que de una manera más marcada para el caso de la broca especial para Kevlar.

c) Broca estándar HSS

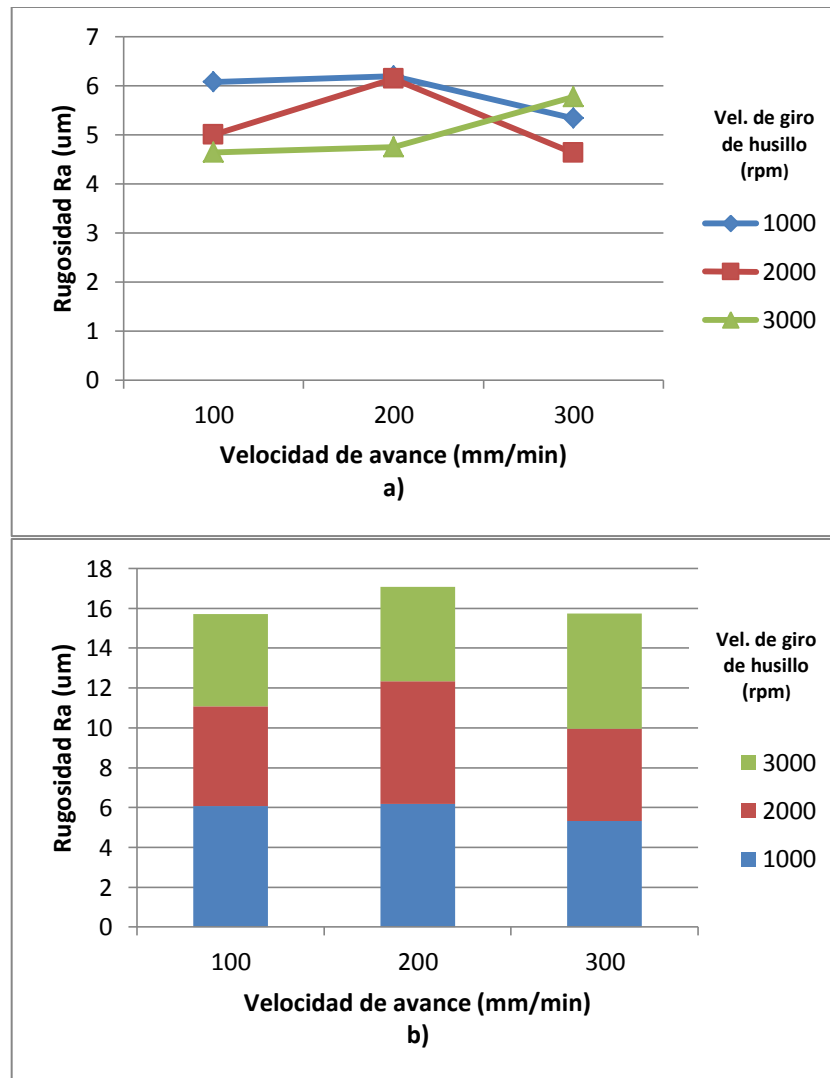


Fig. 4.7. Representación del efecto de la velocidad de avance respecto a la rugosidad media Ra.

a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados.

(Fuente: Autor)

El fenómeno se repite, mientras aumentamos la velocidad de avance también lo hace la rugosidad media Ra, pero a medida que nos acercamos a los 300 mm/min vuelve a bajar, por lo que no se muestra una tendencia definida. Numéricamente si existe aumento. Los valores combinados son 15.715 (100 mm/min), 17.082 (200 mm/min) y 15.735 (300 mm/min).

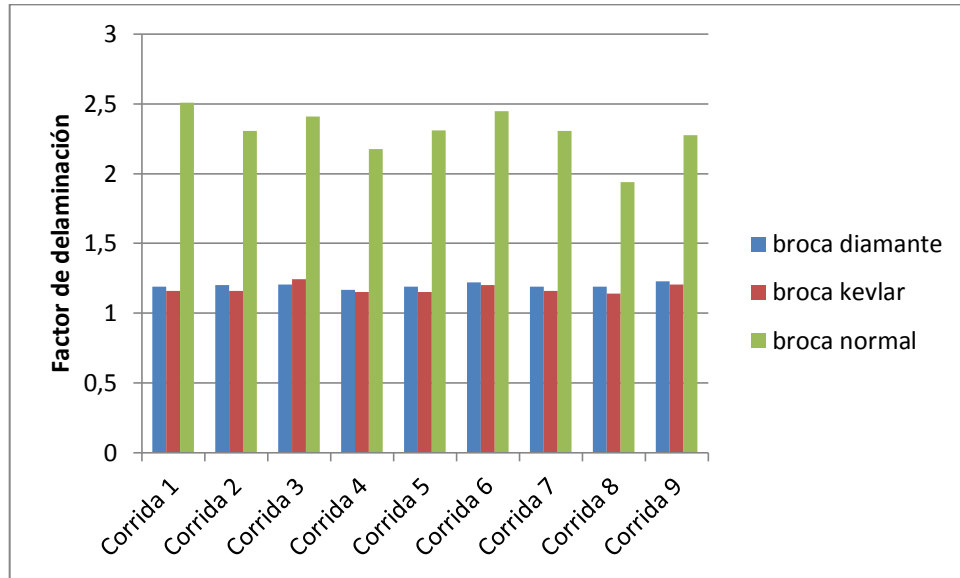
4.2.2 Análisis Factor de Delaminación de entrada (Fde)

Tabla 14. Resultados del Factor de Delaminación (Fde) a la entrada de la broca

Ensayo	Factor de Delaminación (Fd)		
	Broca con cubierta de diamante	Broca especial de carburo para Kevlar	Broca HSS
Corrida 1	1,189	1,158	2,508
Corrida 2	1,201	1,159	2,306
Corrida 3	1,205	1,243	2,408
Corrida 4	1,168	1,154	2,177
Corrida 5	1,19	1,154	2,312
Corrida 6	1,221	1,2	2,449
Corrida 7	1,189	1,16	2,305
Corrida 8	1,191	1,141	1,939
Corrida 9	1,23	1,206	2,274

De la tabla 15 se puede obtener el valor de la combinación que nos ofrece la mejor calidad superficial respecto al Factor de delaminación (Fde). Se observa que la corrida 8 (Vel. Husillo 3000 rpm, Vel. Avance 200 mm/min) con la broca especial para Kevlar presenta el menor factor de delaminación de 1.141.

La siguiente grafica nos permite obtener una idea general del comportamiento de las distintas brocas, al igual que la interacción de las corridas experimentales frente al Factor de delaminación.



*Fig. 4.8. Variación del factor de delaminación a la entrada (Fde) con las corridas experimentales
(Fuente: Autor)*

De la figura 4.8 podemos observar que a la entrada de la broca en el material compuesto se obtiene factores de delaminación grandes con la broca estándar HSS, seguido por la broca con cubierta de diamante y finalmente la broca especial para Kevlar provee el menor factor de delaminación, demostrando gráficamente ser la broca que provee la menor delaminación en casi todas las corridas experimentales.

4.2.2.1 Análisis del factor de delaminación de entrada (Fde) con respecto a la velocidad de giro de husillo

a) Broca con cubierta de diamante

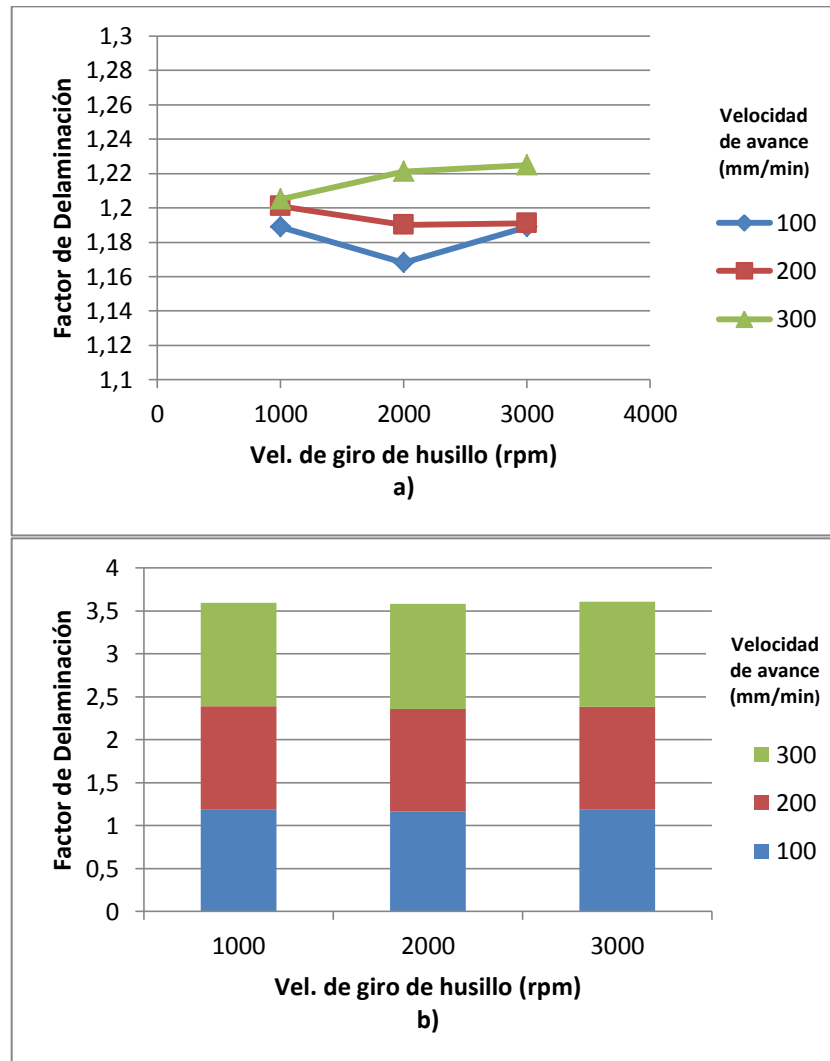


Fig. 4.9. Representación del efecto de la velocidad de giro de husillo respecto al factor de delaminación de entrada. (B. Diamante) a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados. (Fuente: Autor)

El factor de delaminación a la entrada para el caso de la broca de diamante es muy equilibrado a las 1000 rpm, luego los valores se separan, la línea de velocidad de avance de 200 mm/min actúa como línea media y podemos observar que las otras velocidades la una disminuye y la otra aumenta con las revoluciones, por consiguiente dando factores

de delaminación opuestos (Figura 4.9 b), lo que produce que en la gráfica de efectos acumulados se mantenga prácticamente una sola línea sin variación respecto al factor de delaminación y no se pueda determinar de manera gráfica el aumento o disminución del factor de delaminación respecto a la variación de la velocidad de giro de husillo. Pero numéricamente se observa un comportamiento cuadrático del (Fde) de 3.595 (1000 rpm), 3.579(2000 rpm) y 3.61 (3000 rpm) conforme aumenta la velocidad de husillo.

b) Broca especial para Kevlar

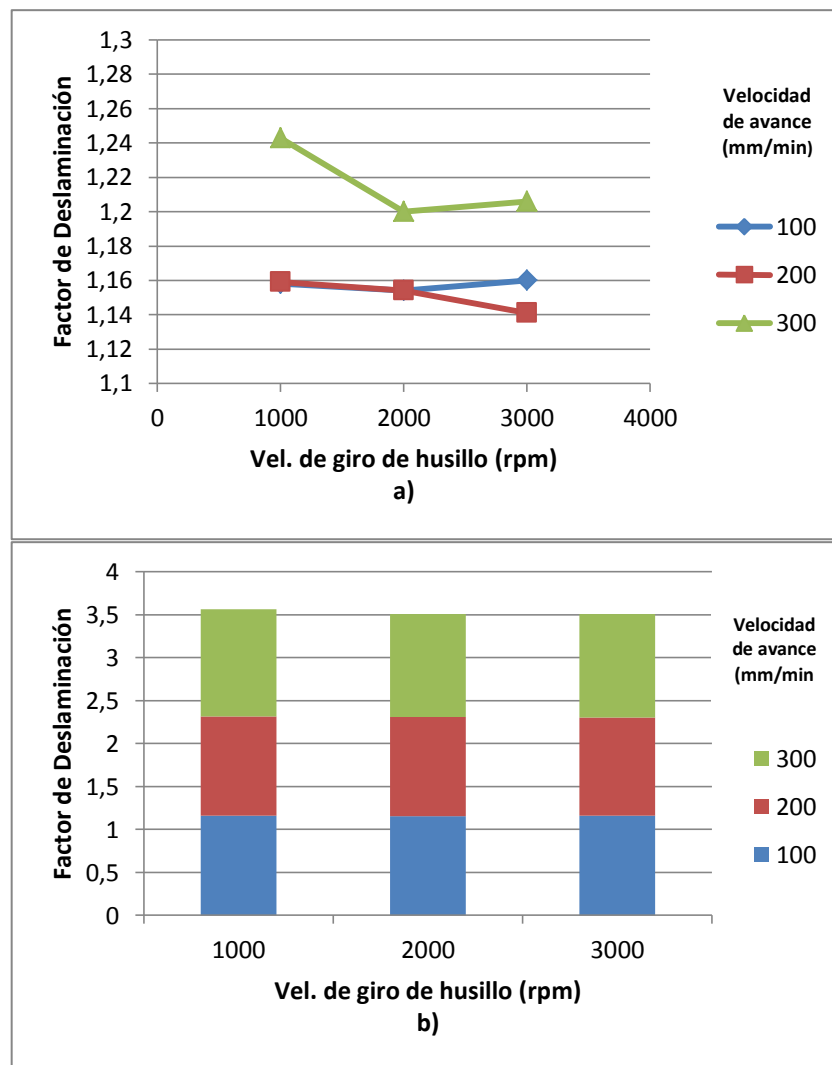
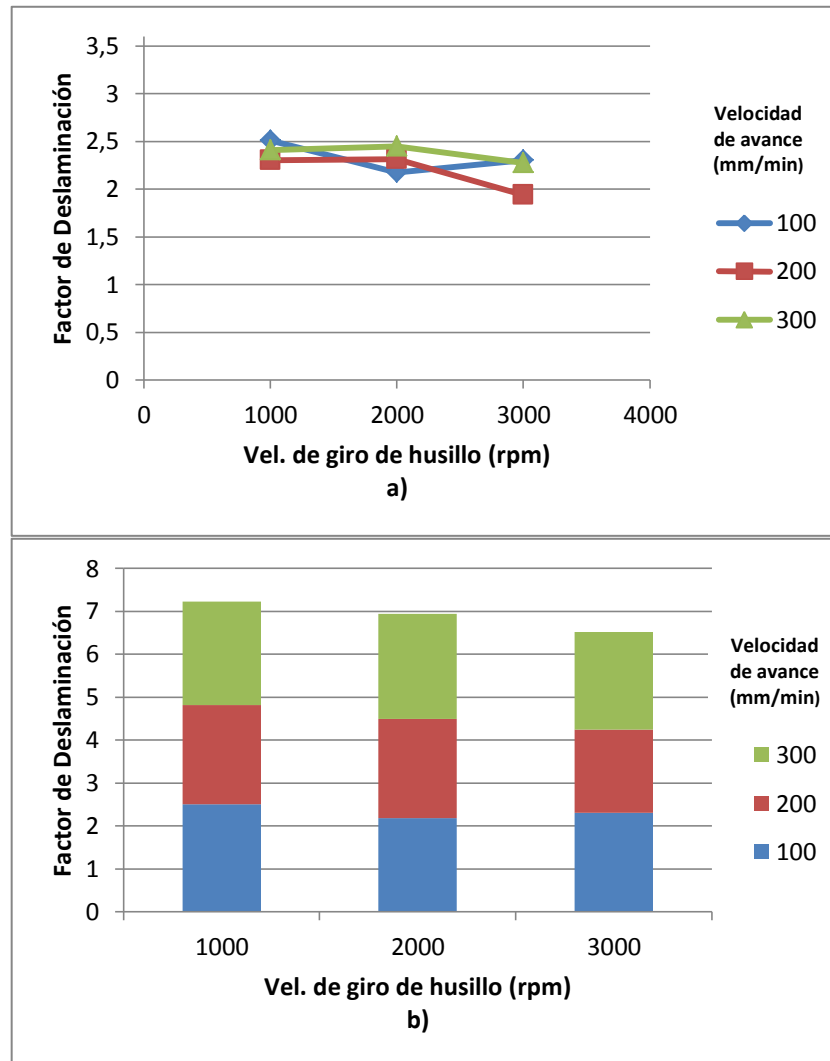


Fig. 4.10. Representación del efecto de la velocidad de giro de husillo respecto al factor de delaminación de entrada. (B. Kevlar)

a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados.
(Fuente: Autor)

En la figura 4.10 a) se puede observar como el factor de delaminación disminuye mínimamente conforme se aumenta la velocidad de giro de husillo. Numéricamente tenemos los siguientes valores de la figura 4.10 b) para el factor de delaminación. 3.56 (1000 rpm), 3.508 (2000 rpm) y 3.507 (3000 rpm).

c) **Broca estándar HSS**



La tendencia es clara para el caso de la broca estándar, se observa una notable disminución del factor de delaminación al aumentar la velocidad de giro de husillo.

4.2.2.2 Análisis del factor de delaminación de entrada (Fde) con respecto a la velocidad de avance.

a) Broca con la cubierta de diamante

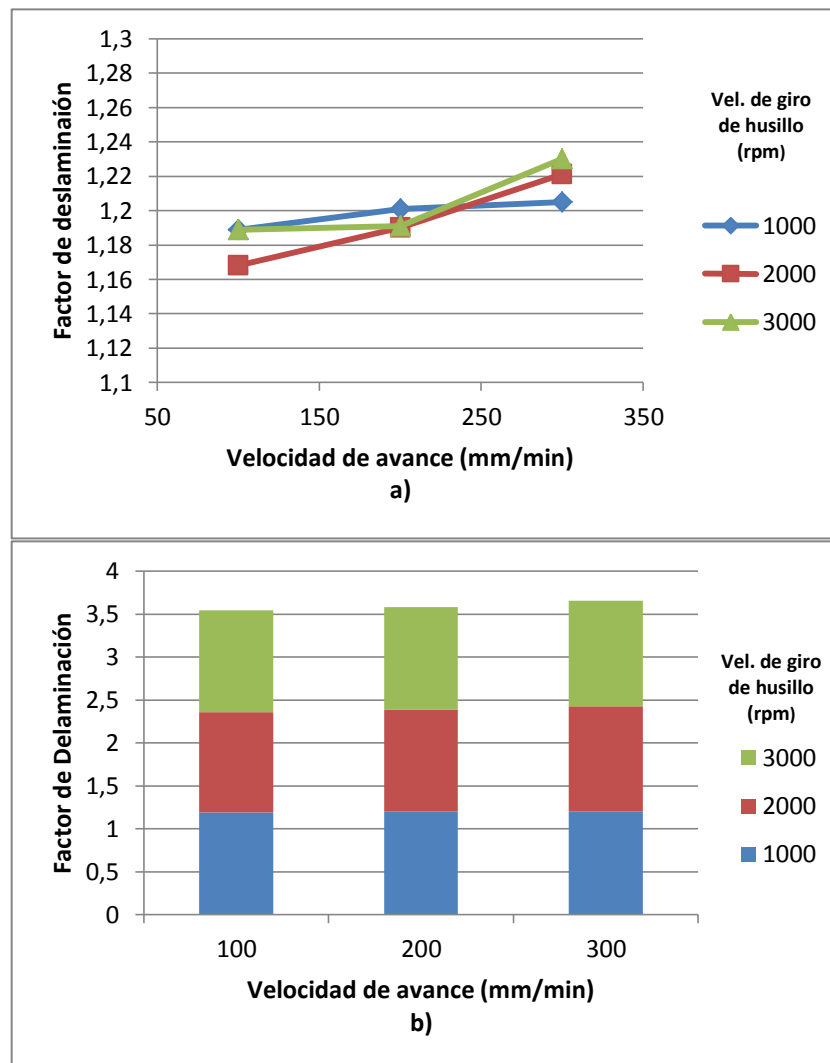


Fig. 4.12. Representación del efecto de la velocidad de avance respecto al factor de delaminación de entrada. (B. Diamante)

a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados.

(Fuente: Autor)

En contraste a la grafica de la velocidad de husillo presentada en la grafica 4.9, se observa como el aumento del factor de delaminación es evidente cuando se aumenta la velocidad de avance. En la grafica 4.12 a), se puede observar de mejor manera el aumento del factor de delaminación al aumentar la velocidad de avance.

b) Broca especial para Kevlar

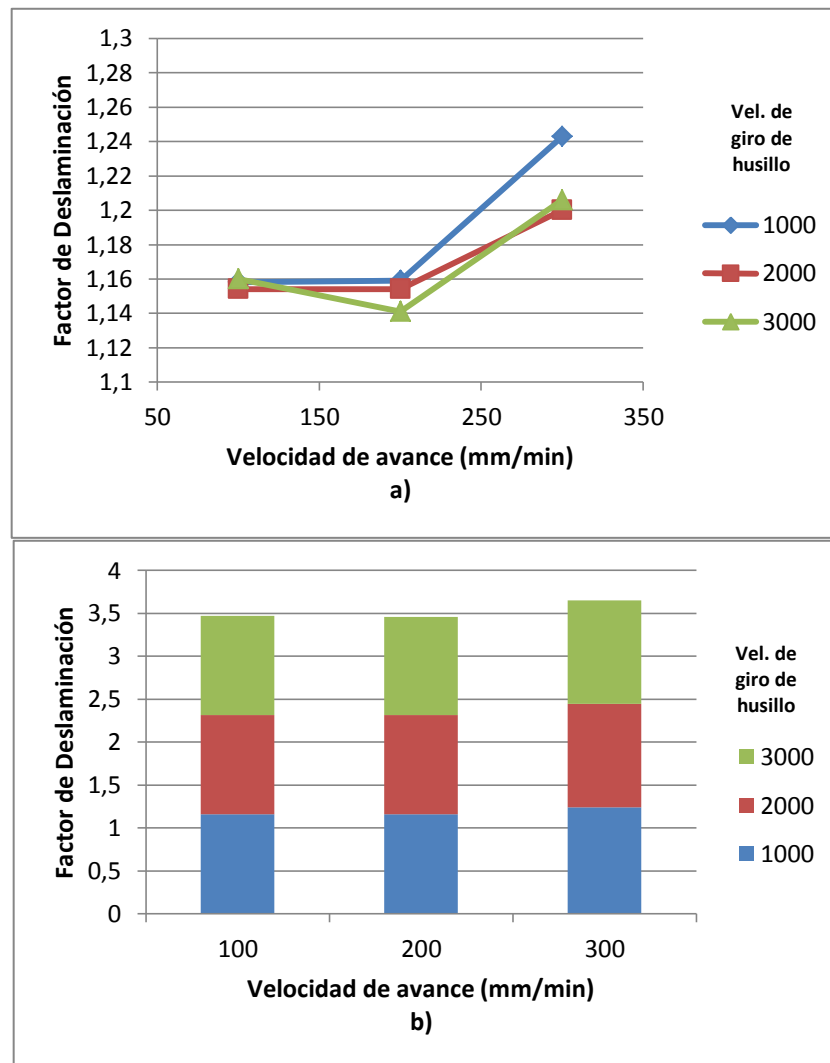


Fig. 4.13. Representación del efecto de la velocidad de avance respecto al factor de delaminación de entrada. (B. Kevlar)
a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados.
(Fuente: Autor)

El aumento del factor de delaminación conforme se aumenta la velocidad de avance también es evidente cuando se utiliza una broca especial para kevlar al igual que en el punto anterior con la broca cubierta de diamante.

c) **Broca estándar HSS**

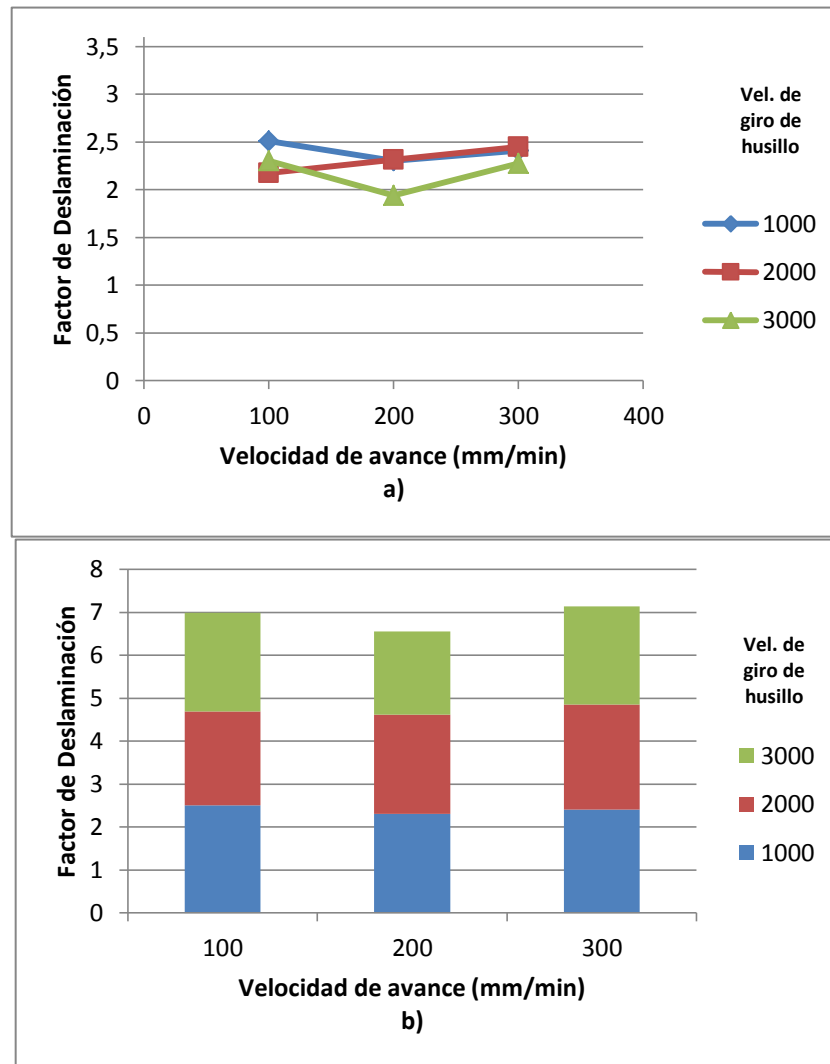


Fig. 4.14. Representación del efecto de la velocidad de avance respecto al factor de delaminación de entrada. (B. Estándar)

a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados.

(Fuente: Autor)

El factor de delaminación de entrada en primera instancia disminuye al aumentar la velocidad de avance, pero finalmente vuelve a aumentar significativamente como en los casos con las brocas anteriores.

4.2.3 Análisis factor de delaminación de salida (Fds)

Tabla 15. Resultados factor de delaminación a la salida de la broca del material compuesto.

Ensayo	Factor de delaminación a la salida de la broca del material.		
	Broca con cubierta de diamante	Broca especial de carburo para Kevlar	Broca estándar HSS
Corrida 1	1,845	1,273	2,238
Corrida 2	1,844	1,385	2,4
Corrida 3	1,529	1,293	2,59
Corrida 4	1,888	1,436	2,336
Corrida 5	1,856	1,428	2,458
Corrida 6	1,809	1,356	2,429
Corrida 7	1,709	1,315	2,099
Corrida 8	1,655	1,547	2,005
Corrida 9	1,725	1,427	2,053

De la misma manera que sucedió en la tabla de resultados del Factor de delaminación a la entrada del taladrado, el mejor acabado o el menor factor de delaminación se obtiene en la primera corrida experimental cuando se utiliza la broca especial para Kevlar. (Vel. Husillo = 1000 rpm, Vel. Avance = 100 mm/min)

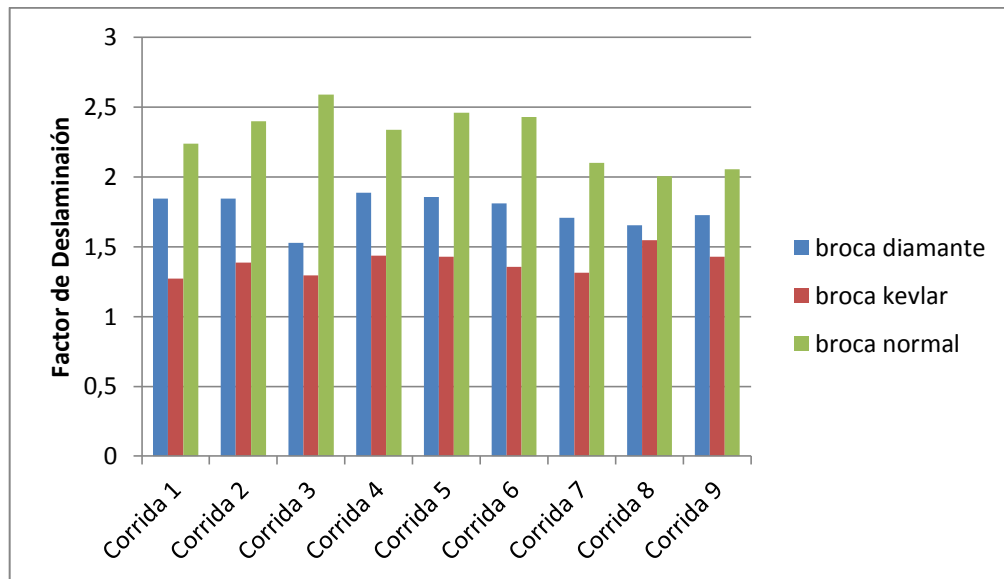


Fig. 4.15. Variación del factor de delaminación a la salida respecto a las corridas experimentales. (Fuente; autor)

El orden se mantiene, el peor acabado lo produce la broca estándar, seguido por la broca de cubierta de diamante, y nuevamente en todas las corridas la broca especial de Kevlar produce menos delaminación.

La broca con la cubierta de diamante produce factores de delaminación de salida extremadamente altos en comparación con la broca especial para Kevlar a diferencia de lo que sucedía a la entrada de la operación de taladrado donde los valores se mantenían ligeramente a favor de la broca especial para Kevlar.

4.2.3.1 Análisis del factor de delaminación de salida (Fds) con respecto a la velocidad de giro de husillo

a) Broca con cubierta de diamante

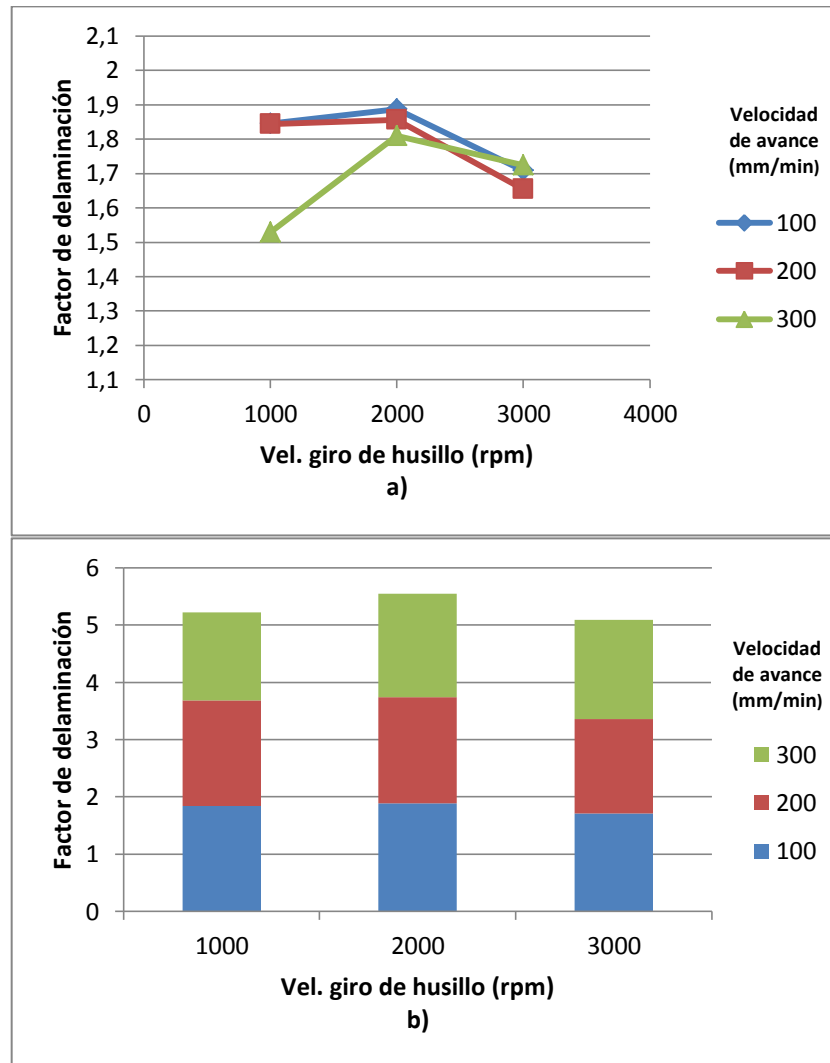


Fig. 4.16. Representación del efecto de la velocidad de giro de husillo respecto al factor de delaminación. (B. Diamante)

a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados.

(Fuente: Autor)

En cuanto al factor de delaminación (Fds) producido a la salida del taladrado, al utilizar la broca con cubierta de diamante crece a las 2000 rpm y luego baja de manera casi

drástica a las 3000 rpm, por lo que se podría interpretar como que la delaminación disminuye al aumentar la velocidad de giro de husillo.

b) Broca especial para Kevlar

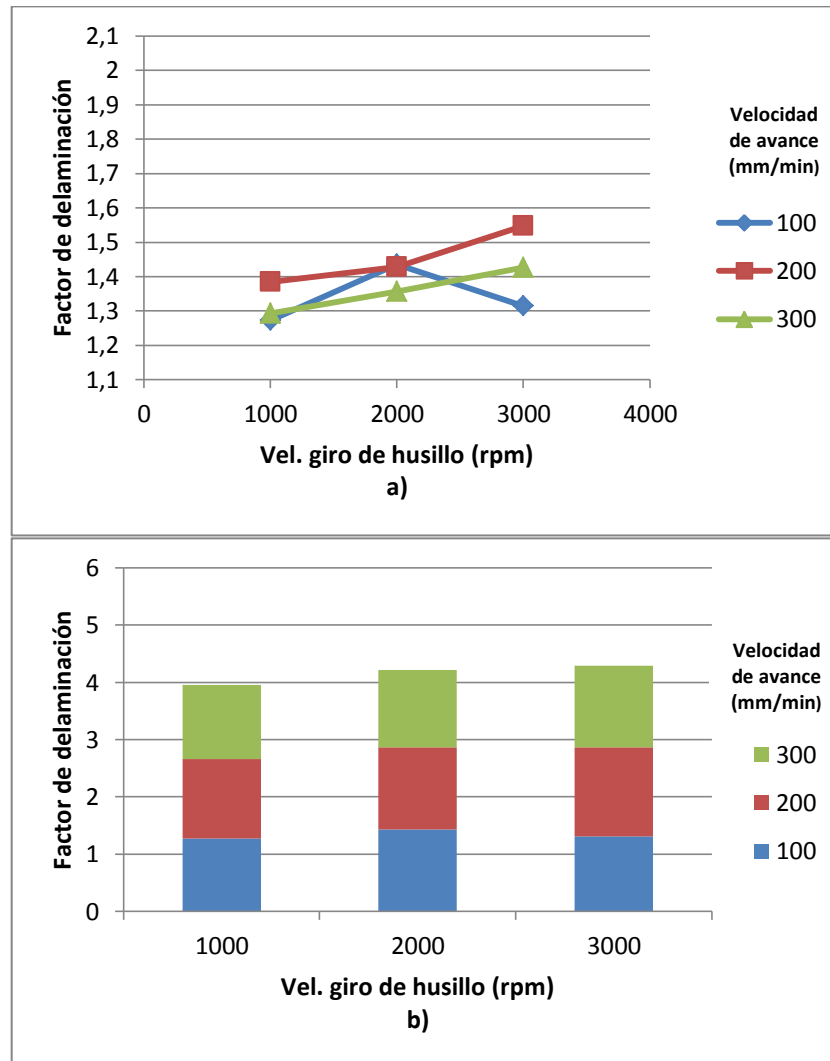


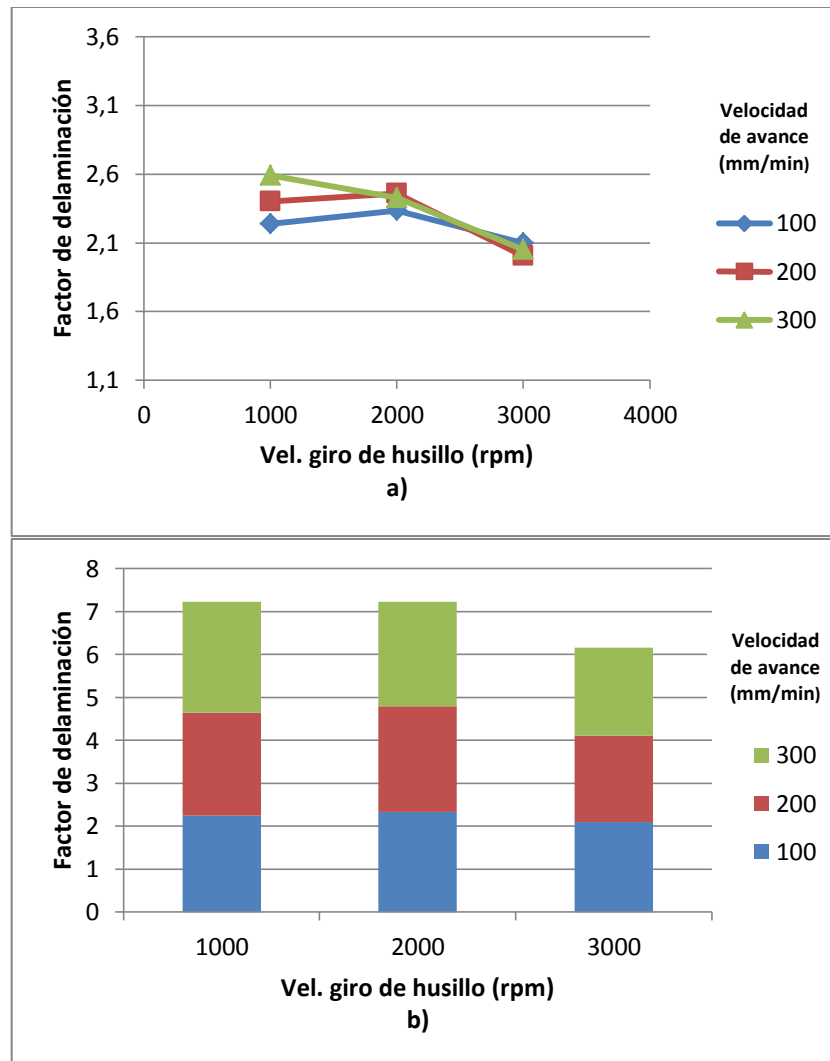
Fig. 4.17. Representación del efecto de la velocidad de giro de husillo respecto al factor de delaminación de salida. (B. Kevlar)

a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados.

(Fuente: Autor)

El comportamiento del factor de delaminación a la salida del taladrado cambia para la broca de Kevlar, aumenta de la mano con la velocidad de giro de husillo. La tendencia creciente es constante mientras se aumenta la velocidad de giro de husillo.

c) Broca estándar HSS



El factor de delaminación de salida baja cuando se aumenta la velocidad de giro de husillo tal como lo hace la broca con cubierta de diamante es muy probable que se deba a que comparten la misma geometría a diferencia de la broca especial para Kevlar.

4.2.3.2 Análisis del factor de delaminación de salida (Fds) con respecto a la velocidad de avance

a) Broca con cubierta de diamante

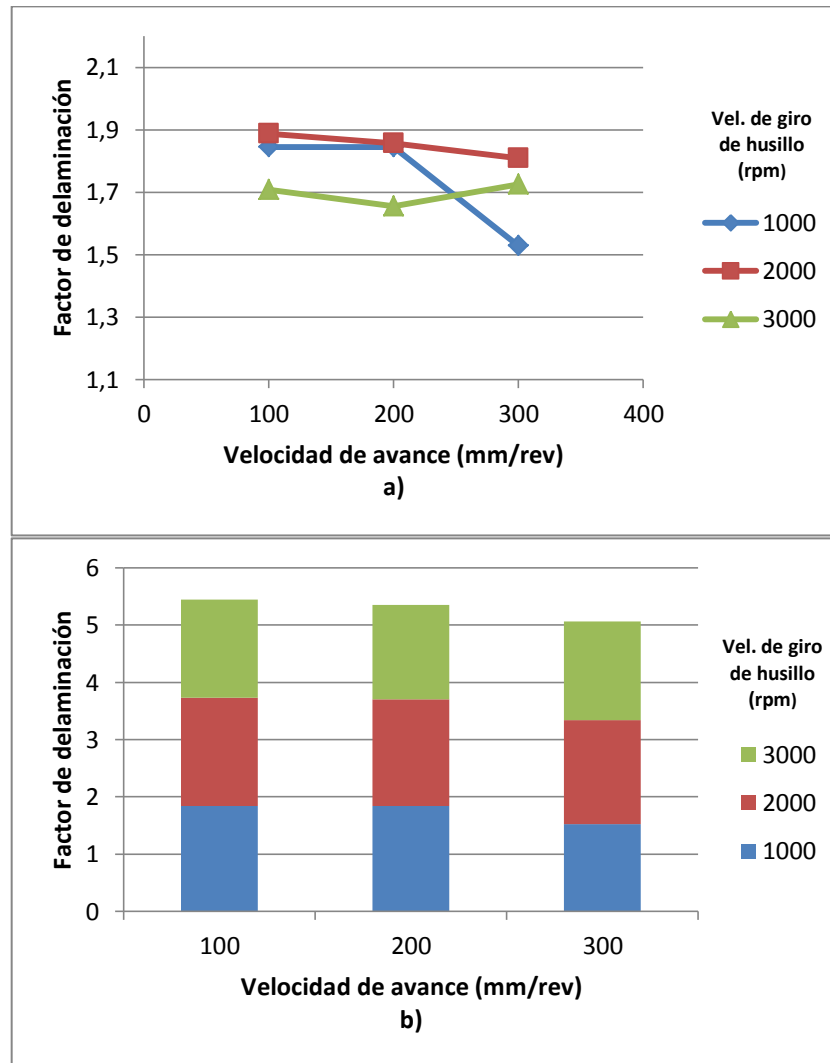


Fig. 4.19. Representación del efecto de la velocidad de avance respecto al factor de delaminación de salida. (B. Diamante)
a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados.

Podemos observar que disminuye el factor de delaminación de salida al aumentar la velocidad de avance, la tendencia descendente es muy marcada para el presente caso.

b) Broca especial para Kevlar

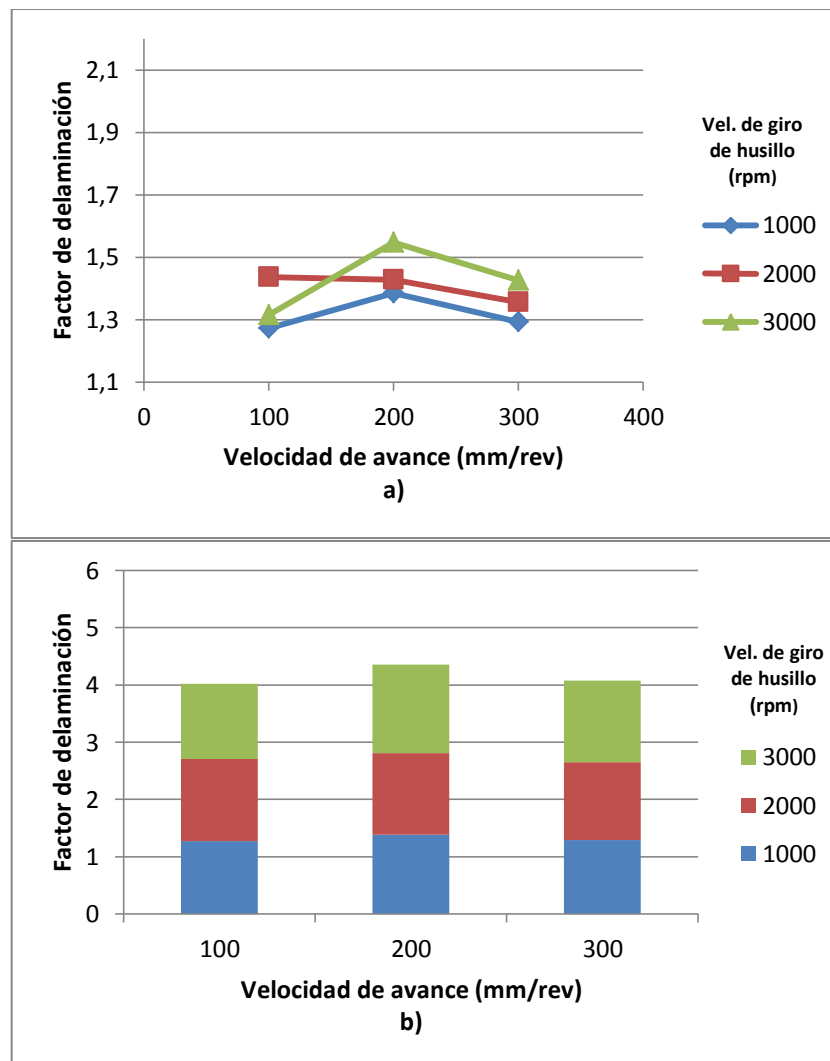


Fig. 4.20. Representación del efecto de la velocidad de avance respecto al factor de delaminación de salida. (B. Kevlar)

a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados.

(Fuente: Autor)

No se puede decir a manera cierta la tendencia, ya que aumenta la delaminación cuando la velocidad de avance llega a 200 mm/min (figura 4.20 b) y luego disminuye cuando se utiliza un avance de 300 mm/min, en general sea parecía minimamente que al aumentar la velocidad de avance también aumenta el factor de delaminación de salida.

c) Broca estándar HSS

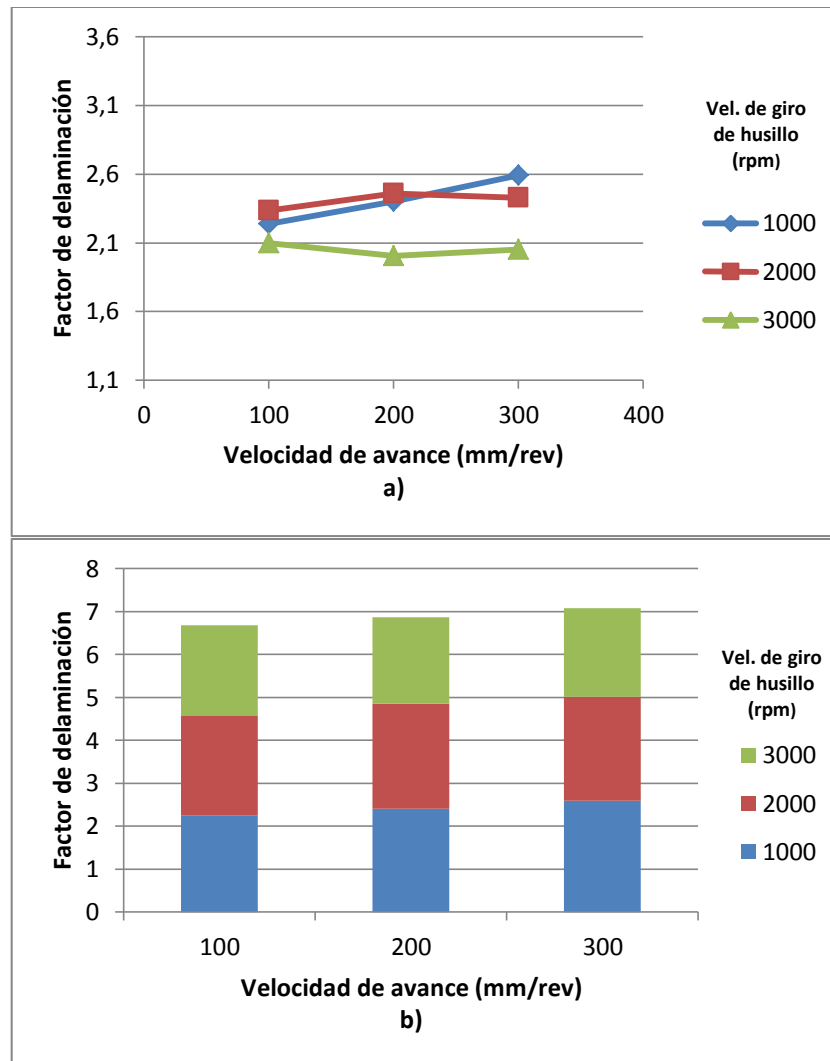


Fig. 4.21. Representación del efecto de la velocidad de avance respecto al factor de delaminación de salida. (B. Estándar)

a) Gráfica de líneas, b) Gráfica de efectos acumulados.

(Fuente: Autor)

Se observa en la figura 4.21 b), que el factor de delaminación de salida para el presente caso es proporcional al aumento de la velocidad de avance.

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Para la verificación de la Hipótesis se emplea el método de T-student con distribución de diferencia entre dos medias. Antes de empezar con la verificación de la hipótesis definiremos algunos términos que nos serán de utilidad.

Ha: Hipótesis alterna

Ho: Hipótesis nula

α : Margen de error

X: Denota los resultados obtenidos mediante el taladrado con broca estándar HSS

Y1: Denota los resultados obtenidos mediante el taladrado con la broca recubierta la punta con diamante.

Y2: Denota los resultados obtenidos mediante el taladrado con la broca especial para Kevlar.

n1: Población 1

n2: Población 2

n3: Población 3

Hipótesis:

Ho: El acabado superficial (Factor de delaminación y rugosidad) obtenido al taladrar un composite de refuerzo híbrido son **estadísticamente similares** al mecanizar con una broca estándar (Broca HSS), con una broca de geometría especial (Broca para Kevlar) y

una broca con recubrimiento especial (Broca de Diamante) con un nivel de confianza del 95%.

Ha: El acabado superficial (Factor de delaminación y rugosidad) obtenido al taladrar un composite de refuerzo híbrido son **estadísticamente diferentes** al mecanizar con una broca estándar (Broca HSS), con una broca de geometría especial (Broca para Kevlar) y una broca con recubrimiento especial (Broca de Diamante) con un nivel de confianza del 95%.

Modelo Estadístico:

$$H_0 = U_x = U_{y_{1-2}}$$

$$H_0 = U_x \neq U_{y_{1-2}}$$

Nivel de significancia: Se procede a calcular de acuerdo un nivel de confianza del 95%, y un nivel de significancia del 5%.

$$\frac{\alpha}{2} = \frac{0.05}{2} = 0.025$$

Grados de libertad:

$$v = n_1 + n_2 - 2$$

$$v = 9 + 9 - 2$$

$$v = 16$$

Distribución T tablas

Tabla 16. Distribución T-student

Grados de libertad	0.10	0.05	0.025	0.015
1	3.0776835	6.3137515	12.706205	21.204949
2	1.8856181	2.9199856	4.3026527	5.6427784
3	1.6377444	2.3533634	3.1824463	3.8960459
4	1.5332063	2.1318468	2.7764451	3.2976297
5	1.475884	2.0150484	2.5705818	3.002875
6	1.4397557	1.9431803	2.4469119	2.8289279
7	1.4149239	1.8945786	2.3646243	2.714573
8	1.3968153	1.859548	2.3060041	2.6338144
9	1.3830287	1.8331129	<u>2.2621572</u>	2.573804
10	1.3721836	1.8124611	2.2281389	2.5274842
11	1.3634303	1.7958848	2.2009852	2.4906639
12	1.3562173	1.7822876	2.1788128	2.4607002

(Fuente [30])

T tablas = 2.2622

4.3.1 Verificación de la hipótesis Rugosidad

Ho: El acabado superficial (Factor de delaminación y rugosidad) obtenido al taladrar un composite de refuerzo híbrido son **estadísticamente similares** al mecanizar con una broca estándar (Broca HSS), con una broca de geometría especial (Broca para Kevlar) y una broca con recubrimiento especial (Broca de Diamante) con un nivel de confianza del 95%.

Ha: El acabado superficial (Factor de delaminación y rugosidad) obtenido al taladrar un composite de refuerzo híbrido son **estadísticamente diferentes** al mecanizar con una broca estándar (Broca HSS), con una broca de geometría especial (Broca para Kevlar) y una broca con recubrimiento especial (Broca de Diamante) con un nivel de confianza del 95%.

T calculado

La tabla 18 nos muestra las rugosidades obtenidas en las corridas experimentales.

Tabla 17. Datos para la demostración de Hipótesis (rugosidad)

Ensayo	Broca con cubierta de diamante	Broca especial para Kevlar	Broca estándar HSS
	Rugosidad media (Y1)(um)	Rugosidad media (Y2)(um)	Rugosidad media (X)(um)
Corrida 1	3,745	3,235	6,077
Corrida 2	4,322	3,860	6,193
Corrida 3	3,967	4,338	5,337
Corrida 4	3,895	4,080	4,997
Corrida 5	3,551	4,175	6,139
Corrida 6	3,925	4,549	4,629
Corrida 7	3,659	4,079	4,641
Corrida 8	4,033	4,299	4,750
Corrida 9	4,176	4,800	5,769
Media	3.919	4.157	5.392
Suma de cuadrados	0.4777	1.5696	3.5295

Para el cálculo de la varianza utilizamos la siguiente ecuación.

$$S^2 = \frac{\sum(Xi - X)^2 + \sum(Y1i - Y1)^2}{n1 + n2 - 2}$$

$$S^2 = \frac{\sum(Xi - X)^2 + \sum(Y2i - Y2)^2}{n1 + n3 - 2}$$

$$S^2 = \frac{0.4777 + 3.5295}{9 + 9 - 2}$$

$$S^2 = 0.25045$$

$$S^2 = \frac{1.5696 + 3.5295}{9 + 9 - 2}$$

$$S^2 = 0.3187$$

Para el T calculado utilizamos la siguiente ecuación

$$t = \frac{X - Y1}{\sqrt{\frac{S^2}{n1} + \frac{S^2}{n2}}}$$

$$t = 6.2447$$

$$t = \frac{X - Y2}{\sqrt{\frac{S^2}{n1} + \frac{S^2}{n3}}}$$

$$t = 4.6409$$

$$t \text{ calculado} = 6.2447 > t \text{ tablas} = 2.2622 \quad t \text{ calculado} = 4.6409 > t \text{ tablas} = 2.2622$$

Para ambos casos se cumple que el t calculado > t tablas por lo que se procede a rechazar la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

“El acabado superficial (Factor de delaminación y rugosidad) obtenido al taladrar un composite de refuerzo híbrido son **estadísticamente diferentes** al mecanizar con una broca estándar (Broca HSS), con una broca de geometría especial (Broca para Kevlar) y una broca con recubrimiento especial (Broca de Diamante) con un nivel de confianza del 95%.”

4.3.2 Verificación de la hipótesis (Factor de delaminación entrada)

Ho: El acabado superficial (Factor de delaminación y rugosidad) obtenido al taladrar un composite de refuerzo híbrido son **estadísticamente similares** al mecanizar con una broca estándar (Broca HSS), con una broca de geometría especial (Broca para Kevlar) y

una broca con recubrimiento especial (Broca de Diamante) con un nivel de confianza del 95%.

Ha: El acabado superficial (Factor de delaminación y rugosidad) obtenido al taladrar un composite de refuerzo híbrido son **estadísticamente diferentes** al mecanizar con una broca estándar (Broca HSS), con una broca de geometría especial (Broca para Kevlar) y una broca con recubrimiento especial (Broca de Diamante) con un nivel de confianza del 95%.

T calculado

La tabla 18 nos muestra las rugosidades obtenidas en las corridas experimentales.

Tabla 18. Datos para la demostración de Hipótesis (Delaminación entrada)

Ensayo	Broca con cubierta de diamante	Broca especial para Kevlar	Broca estándar HSS
	Factor de delaminación (Y1)	Factor de delaminación (Y2)	Factor de delaminación (X)
Corrida 1	1,189	1,158	2,508
Corrida 2	1,201	1,159	2,306
Corrida 3	1,205	1,243	2,408
Corrida 4	1,168	1,154	2,177
Corrida 5	1,19	1,154	2,312
Corrida 6	1,221	1,2	2,449
Corrida 7	1,189	1,16	2,305
Corrida 8	1,191	1,141	1,939
Corrida 9	1,23	1,206	2,274

Media	1,198	1,175	2,298
Suma de cuadrados	0.002785	0.009018	0.2234

Para el cálculo de la varianza utilizamos la siguiente ecuación.

$$S^2 = \frac{\sum(Xi - X)^2 + \sum(Y1i - Y1)^2}{n1 + n2 - 2}$$

$$S^2 = \frac{\sum(Xi - X)^2 + \sum(Y2i - Y2)^2}{n1 + n3 - 2}$$

$$S^2 = \frac{0.002785 + 0.2234}{9 + 9 - 2}$$

$$S^2 = \frac{0.009018 + 0.2234}{9 + 9 - 2}$$

$$S^2 = 0.1414$$

$$S^2 = 0.0145$$

Para el T calculado utilizamos la siguiente ecuación

$$t = \frac{X - Y1}{\sqrt{\frac{S^2}{n1} + \frac{S^2}{n2}}}$$

$$t = \frac{X - Y2}{\sqrt{\frac{S^2}{n1} + \frac{S^2}{n3}}}$$

$$t = 19.6135$$

$$t = 19.7575$$

$$t \text{ calculado} = 19.6135 > t \text{ tablas} = 2.2622 \quad t \text{ calculado} = 19.7575 > t \text{ tablas} = 2.2622$$

Para ambos casos se cumple que el t calculado > t tablas por lo que se procede a rechazar la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

“El acabado superficial (Factor de delaminación y rugosidad) obtenido al taladrar un composite de refuerzo híbrido son **estadísticamente diferentes** al mecanizar con una

broca estándar (Broca HSS), con una broca de geometría especial (Broca para Kevlar) y una broca con recubrimiento especial (Broca de Diamante) con un nivel de confianza del 95%.”

4.3.3 Verificación de la hipótesis (Factor de delaminación salida)

Ho: El acabado superficial (Factor de delaminación y rugosidad) obtenido al taladrar un composite de refuerzo híbrido son **estadísticamente similares** al mecanizar con una broca estándar (Broca HSS), con una broca de geometría especial (Broca para Kevlar) y una broca con recubrimiento especial (Broca de Diamante) con un nivel de confianza del 95%.

Ha: El acabado superficial (Factor de delaminación y rugosidad) obtenido al taladrar un composite de refuerzo híbrido son **estadísticamente diferentes** al mecanizar con una broca estándar (Broca HSS), con una broca de geometría especial (Broca para Kevlar) y una broca con recubrimiento especial (Broca de Diamante) con un nivel de confianza del 95%.

T calculado

La tabla 18 nos muestra las rugosidades obtenidas en las corridas experimentales.

Tabla 19. Datos para la demostración de Hipótesis (Delaminación entrada)

Ensayo	Broca con cubierta de diamante	Broca especial para Kevlar	Broca estándar HSS
	Factor de delaminación (Y1)	Factor de delaminación (Y2)	Factor de delaminación (X)
Corrida 1	1,845	1,273	2,238
Corrida 2	1,844	1,385	2,4
Corrida 3	1,529	1,293	2,59

Corrida 4	1,888	1,436	2,336
Corrida 5	1,856	1,428	2,458
Corrida 6	1,809	1,356	2,429
Corrida 7	1,709	1,315	2,099
Corrida 8	1,655	1,547	2,005
Corrida 9	1,725	1,427	2,053
Media	1,7622	1,3844	2,2898
Suma de cuadrados	0.1104	0.0529	0.3283

Para el cálculo de la varianza utilizamos la siguiente ecuación.

$$S^2 = \frac{\sum(Xi - X)^2 + \sum(Y1i - Y1)^2}{n1 + n2 - 2}$$

$$S^2 = \frac{\sum(Xi - X)^2 + \sum(Y2i - Y2)^2}{n1 + n3 - 2}$$

$$S^2 = \frac{0.1104 + 0.3283}{9 + 9 - 2}$$

$$S^2 = \frac{0.0529 + 0.3283}{9 + 9 - 2}$$

$$S^2 = 0.0274$$

$$S^2 = 0.0242$$

Para el T calculado utilizamos la siguiente ecuación

$$t = \frac{X - Y1}{\sqrt{\frac{S^2}{n1} + \frac{S^2}{n2}}}$$

$$t = \frac{X - Y2}{\sqrt{\frac{S^2}{n1} + \frac{S^2}{n3}}}$$

$$t = 6.757$$

$$t = 12.34$$

$$t \text{ calculado} = 6.757 > t \text{ tablas} = 2.2622 \quad t \text{ calculado} = 12.34 > t \text{ tablas} = 2.2622$$

Para ambos casos se cumple que el t calculado $>$ t tablas por lo que se procede a rechazar la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

“El acabado superficial (Factor de delaminación y rugosidad) obtenido al taladrar un composite de refuerzo híbrido son **estadísticamente diferentes** al mecanizar con una broca estándar (Broca HSS), con una broca de geometría especial (Broca para Kevlar) y una broca con recubrimiento especial (Broca de Diamante) con un nivel de confianza del 95%.”

Se ha verificado estadísticamente que se obtiene la peor calidad superficial cuando se utiliza una broca estándar para taladrar el composite de matriz poliéster y refuerzo híbrido de fibra de vidrio más fibra de cabuya.

4.3.4 ANOVA

Para realizar la tabla del anova se utilizan las formulas descritas en el punto 2.1.7.3, para hacer los cálculos respectivos se utilizó una hoja de cálculos de Excel donde se programaron todas las ecuaciones, a continuación se presentan las tablas de resultado.

Antes de presentar los resultados definiremos que el efecto de A se refiere al efecto de la velocidad de husillo sobre la variable de respuesta, el efecto de B se refiere al efecto de la velocidad de avance sobre la variable de respuesta y el efecto de AB se refiere a la interacción de los factores mencionados anteriormente.

Tabla 20. ANOVA para análisis de la rugosidad

ANOVA Broca especial para Kevlar					
FV	SC	GL	CM	Fo	valor-p
Efecto A	1,688	2	0,844	9,610	0,0014
Efecto B	2,655	2	1,328	15,118	0,0001
Efecto AB	0,382	4	0,095	1,088	0,3922
Error	1,581	18	0,088		
Total	6,305	26			
ANOVA Broca con cubierta de diamante					
FV	SC	GL	CM	Fo	valor-p
Efecto A	0,239	2	0,119	0,592	0,5634
Efecto B	0,329	2	0,165	0,817	0,4577
Efecto AB	0,863	4	0,216	1,070	0,4000
Error	3,627	18	0,202		
Total	5,058	26			
ANOVA Broca estándar HSS					
FV	SC	GL	CM	Fo	valor-p
Efecto A	3,250	2	1,625	3,512	0,0516
Efecto B	1,226	2	0,613	1,325	0,2905
Efecto AB	6,106	4	1,527	3,299	0,0341
Error	8,330	18	0,463		
Total	18,913	26			

(Fuente: Autor)

De la tabla ANOVA podemos observar como estadísticamente para la broca especial para Kevlar la velocidad de husillo y la velocidad de avance influyen significativamente en la rugosidad final, mientras que la interacción AB no tiene importancia estadística. El efecto B o velocidad de avance tiene mayor relevancia al ser el más cercano a cero. Lo que concuerda perfectamente con lo observado en el punto 4.2.1.

En lo referente a la broca con cubierta de diamante se establece estadísticamente que los parámetros no influyen o no tienen efecto sobre la rugosidad, pero se puede decir que la interacción AB es la que más influencia tiene, seguido del efecto B(velocidad de avance).

Para la broca estándar HSS tenemos que la interacción AB influye significativamente sobre la rugosidad final, también observamos que el efecto A se encuentra apenas por encima de la significancia fijada para el experimento ($\alpha = 0.05$), lo que se observa también en las gráficas analizadas en el punto 4.2.1. La velocidad de giro de husillo tiene mayor relevancia que la velocidad de avance al momento de mecanizar con la broca estándar HSS, sin despreciar el efecto de la interacción AB.

Se elabora una tabla ANOVA similar para el análisis del Factor de delaminación de entrada.

Tabla 21. ANOVA para al análisis del Factor de delaminación de entrada.

ANOVA Broca especial para Kevlar					
FV	SC	GL	CM	Fo	valor-p
Efecto A	0,002	2	0,001	0,613	0,5529
Efecto B	0,024	2	0,012	7,943	0,0034
Efecto AB	0,002	4	0,000	0,331	0,8535
Error	0,027	18	0,001		
Total	0,054	26			
ANOVA Broca con cubierta de diamante					
FV	SC	GL	CM	Fo	valor-p
Efecto A	0,001	2	0,000	0,146	0,8653
Efecto B	0,006	2	0,003	1,638	0,2221
Efecto AB	0,002	4	0,000	0,209	0,9303
Error	0,035	18	0,002		
Total	0,044	26			
ANOVA Broca estándar HSS					
FV	SC	GL	CM	Fo	valor-p
Efecto A	0,252	2	0,126	4,913	0,0198
Efecto B	0,179	2	0,089	3,487	0,0525
Efecto AB	0,240	4	0,060	2,336	0,0946
Error	0,462	18	0,026		
Total	1,132	26			

(Fuente: Autor)

Solo el efecto A tiene importancia al utilizar la broca especial para Kevlar, eso quiere decir que la velocidad de avance predomina al momento del mecanizado, y es la que más influye en el factor de delaminación.

Para la broca con cubierta de diamante nuevamente se establece que ninguno de los parámetros de entrada tiene efecto significativo sobre el factor de delaminación, tal como sucedió con la rugosidad, eso se refleja en las gráficas analizadas anteriormente en el punto 4.2.2 donde no se visualizaba una tendencia clara. Siendo el más cercano a tener influencia el efecto B (Vel. Avance).

Tal como se evidencia en las gráficas analizadas en el punto 4.2.2, el factor que más influye es la velocidad de giro de husillo o efecto A, seguido de la velocidad de avance, pero solo el efecto A tiene influencia estadística según la presente tabla ANOVA.

El factor de delaminación también se analizó principalmente para la demostración de la hipótesis debido a que la calidad superficial decae drásticamente en la broca con cubierta de diamante y la broca estándar HSS y se dificulta el análisis.

Tabla 22. ANOVA para el análisis del Factor de delaminación de salida.

ANOVA Broca especial para Kevlar					
FV	SC	GL	CM	Fo	valor-p
Efecto A	0,058	2	0,029	2,306	0,1284
Efecto B	0,056	2	0,028	2,247	0,1345
Efecto AB	0,042	4	0,011	0,846	0,5145
Error	0,226	18	0,013		
Total	0,383	26			
ANOVA Broca con cubierta de diamante					
FV	SC	GL	CM	Fo	valor-p
Efecto A	0,114	2	0,057	1,380	0,2769
Efecto B	0,079	2	0,039	0,956	0,4031
Efecto AB	0,137	4	0,034	0,830	0,5234
Error	0,743	18	0,041		
Total	1,074	26			
ANOVA Broca estándar HSS					
FV	SC	GL	CM	Fo	valor-p

Efecto A	0,762	2	0,381	5,747	0,0117
Efecto B	0,080	2	0,040	0,602	0,5585
Efecto AB	0,143	4	0,036	0,541	0,7077
Error	1,193	18	0,066		
Total	2,179	26			

(Fuente: Autor)

Como lo mencionamos se pierde mucha calidad en el factor de delaminación de salida, en general el efecto A predomina para las tres brocas, siendo de influencia estadística solo en la broca estándar HSS, donde el ANOVA determina que la velocidad de giro de husillo influye significativamente sobre el factor de delaminación de salida.

Se ha comprobado la hipótesis estadísticamente mediante el uso del análisis de varianza ANOVA y T-student obteniendo resultados similares, podemos observar que en ambos análisis la broca que mejores prestaciones presenta es la broca especial de carburo para kevlar, de no tener acceso a dicha broca la segunda alternativa es la broca con la cubierta de diamante y la peor opción supone la broca HSS ya que daña totalmente los agujeros.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El modelo experimental Factorial 3^K con $k = 3$ demostró ser una adecuada elección, permitiendo observar que en algunos casos la tendencia de la variable de respuesta no era lineal sino cuadrática tal como se lo muestra en las gráficas del punto 4.2.
- En lo referente a la rugosidad se encontró mediante el análisis ANOVA que cuando se utiliza la broca especial para Kevlar ambos parámetros de taladrado tienen efecto estadísticamente sobre la rugosidad media (R_a), predominando el efecto de la velocidad de avance. Mientras que para la broca con cubierta de diamante no tiene efecto de ningún parámetro estadísticamente hablando y finalmente para la broca estándar HSS solo tiene efecto estadísticamente la interacción de los parámetros, más no los parámetros individuales, tal como se lo demuestra en la tabla 20.
- Para el factor de delaminación de entrada tenemos que el análisis ANOVA de la tabla 21, muestra efecto solo de la velocidad de avance cuando se utiliza la broca especial para Kevlar, nuevamente para la broca con cubierta de diamante no hay efecto estadísticamente hablando de ningún parámetro de taladrado y para la broca estándar se encuentra estadísticamente que solo la velocidad de giro de husillo tiene efecto sobre el factor de delaminación.
- En lo referente al factor de delaminación de salida el análisis ANOVA de la tabla 22, nos muestra que solo hay efecto de la velocidad de husillo cuando se utiliza una broca estándar y para las otras brocas el efecto de los parámetros de taladrado es estadísticamente inexistente.

- El factor de delaminación encontrado es mayor a la salida del taladrado que a la entrada de la operación para las tres brocas utilizadas.
- Para la broca con cubierta de diamante al aumentar la velocidad de giro de husillo no se muestra un aumento o disminución notables de la rugosidad media (Figura 4.2), mientras que al aumentar la velocidad de avance se encontró que también aumenta la rugosidad media (Figura 4.5) por lo que se concluye que para obtener la menor rugosidad posible se debe utilizar velocidades de avance bajas sin tomar mucho en cuenta la velocidad de giro de husillo.
- En la broca especial para Kevlar al aumentar la velocidad de giro de husillo es evidente que también existe un aumento de la rugosidad media (Figura 4.3), de igual manera al aumentar la velocidad de avance se encontró que también aumenta la rugosidad media (Figura 4.6) por lo que se concluye que para obtener la menor rugosidad posible se debe utilizar velocidades de avance bajas con velocidades de giro de husillo bajas.
- Con la broca estándar ocurre lo opuesto a lo observado a la broca especial para Kevlar al aumentar la velocidad de giro de husillo existe disminución de la rugosidad media (Figura 4.4), mientras que al aumentar la velocidad de avance la rugosidad media en primera instancia aumenta notablemente y luego disminuye en una tendencia cuadrática (Figura 4.7) por lo que se concluye que para obtener la menor rugosidad posible se debe utilizar velocidades de avance bajas con velocidades de giro de husillo altas.
- La broca con cubierta de diamante ofreció mejores resultados de rugosidad media en casi todas las corridas experimentales, seguida por la broca especial para Kevlar y los peores resultados se los obtuvo con la broca estándar HSS pese a que esta última se ensayó con los parámetros de taladrado al 50%.

- En general se obtiene menor factor de delaminación de entrada con la broca especial para Kevlar, luego la broca con cubierta de diamante y los peores resultados se obtiene con la broca estándar.
- El factor de delaminación de entrada se comporta de manera equilibrada al aumentar la velocidad de giro de husillo para la broca con cubierta de diamante (Figura 4.9), mientras que disminuye para los casos de las dos brocas restantes.(Figuras 4.10 y 4.11 respectivamente)
- Al aumentar la velocidad de avance se observa claramente que para la broca con cubierta de diamante y broca especial para Kevlar el factor de delaminación de entrada aumenta (Figuras 4.12 y 4.13), para la broca estándar se tiene un comportamiento no lineal, en primera instancia al aumentar la velocidad de avance disminuye el factor de delaminación levemente, pero luego se incrementa notablemente.(Figura 4.14)
- Se concluye que para obtener un menor factor de delaminación de entrada se debe taladrar con velocidades de giro de husillo altas y velocidades de avance bajas.
- Los resultados en lo referente al factor de delaminación de salida son ampliamente mayores que los obtenidos para el factor de delaminación de entrada, la broca especial para Kevlar provee factores de delaminación relativamente bajos entre 1.273 y 1.547, mientras que la broca con cubierta de diamante daña en gran manera el material con factores de delaminación que oscilan entre 1.529 y 1.888, de la broca estándar no se obtiene nada rescatable con factores de delaminación arriba de 2.005.

- El tipo de broca utilizada también tiene efecto sobre la calidad superficial, con la broca especial para Kevlar se tiene menor factor de delaminación tanto de entrada como de salida, mientras que con la broca con cubierta de diamante se obtiene rugosidades más equilibradas y con la broca estándar se obtienen los peores resultados.
- La broca especial para Kevlar produce cortes más efectivos y directos según las fotografías tomadas con el microscopio, mientras que la broca con cubierta de diamante y la broca estándar producen cortes con muchas rasgaduras en la fibra de cabuya principalmente.

5.2 RECOMENDACIONES

- Tener muy en cuenta el desgaste de las brocas, ya que se evidenció que la broca estándar sufre mucho daño durante el taladrado, caso distinto con las otras dos brocas que casi no sufrieron daño.
- Sujetar de manera correcta las probetas a la mesa de la máquina CNC para disminuir las vibraciones del taladrado y también disminuir la flexión generada principalmente cuando se ensaya con la broca estándar que es la que más esfuerzos produce sobre el material.
- Luego de cada perforación dar un tiempo prudente para evitar que las brocas aumenten de temperatura refrigerándolas con aire.
- Realizar las perforaciones de manera aleatoria entre cada corrida y sus respectivas réplicas para obtener resultados más confiables.
- Utilizar brocas con un diámetro mínimo de 8.5 mm para que los agujeros sean lo suficientemente grandes al momento de medir la rugosidad y poder hacer mediciones cada 90°.

- Utilizar entre 1 y 1.5 % de peso total del catalizador para poder colocar todas las capas antes que la reacción empiece y tener un tiempo prudente para eliminar las burbujas de aire entre las capas.
- Colocar al menos dos capas de líquido desmoldante y dos de cera desmoldante dejando secar 10 minutos entre cada aplicación para facilitar el desmolde.
- Para futuras investigaciones se recomienda trabajar con 5 niveles en los parámetros de taladrado puesto que en algunos casos como lo ocurrido con la broca con cubierta de diamante no fue posible establecer una tendencia clara del efecto de los parámetros sobre las variables de respuesta.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] U. A. Khashaba, I. A. El-sonbaty, A. I. Selmy, and A. A. Megahed, “Drilling analysis of woven glass fiber-reinforced / epoxy composites,” 2012.
- [2] J. Babu, J. Philip, and S. K. Bhullar, “A Digital Image Analysis to Evaluate Delamination Factor after Drilling GFRP Composites using a Kevlar Drill Bit,” vol. 9, no. December, pp. 1–7, 2016.
- [3] Surface Texture and the Stress Concentration Factor for FRP Components with Holes, “Journal of Composite Materials,” 2003.
- [4] V. Krishnaraj, S. Vijayarangan, and G. Suresh, “An investigation on high speed drilling of glass fibre reinforced plastic (GFRP),” vol. 12, no. June, pp. 189–195, 2005.
- [5] U. A. Khashaba, “Delamination in drilling GFR-thermoset composites,” vol. 63, pp. 313–327, 2004.
- [6] L. M. P. Durão, J. M. R. S. Tavares, V. H. C. De Albuquerque, J. F. S. Marques, and O. N. G. Andrade, “Drilling Damage in Composite Material,” pp. 3802–3819, 2014.

- [7] F. D. E. Ingeniería and M. Y. Eléctrica, “Universidad autónoma de nuevo león,” 2014.
- [8] S. A. Hussain, V. Pandurangadu, and K. P. Kumar, “Machinability of glass fiber reinforced plastic (GFRP) composite materials,” vol. 3, no. 4, pp. 103–118, 2011.
- [9] D. A. Budan, S. Basavarajappa, and M. P. Kumar, “INFLUENCE OF FIBRE VOLUME REINFORCEMENT IN DRILLING GFRP LAMINATES,” vol. 6, no. 6, pp. 733–744, 2011.
- [10] Expoferretera, “De máquinas y herramientas,” *Mecanizado de Piezas*, 2011. [Online]. Available: <http://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/mecanizado>.
- [11] https://www.google.com.ec/search?q=procesos+de+mecanizado+mediante+abrasi+on&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiesK2andfVAhXM1CYKHcZ5BbcQ_AUICigB&biw=1600&bih=767#imgrc=dDps00hZA7dSBM:
- [12] J. Rodriguez and L. Castro, *Procesos Industriales para materiales metálicos*, 2da Edición. Madrid, 2006.
- [13] D. Hull, *Materiales compuestos*, Primera Edición. España, 2003.
- [14] A. Basednjak, *Materiales Compuestos. Proceso de fabricación de embarcaciones*, 1ra Edició. Cataluña, 2005.
- [15] M. Beltran and A. Marcilla, *Tecnología de Polímeros*. España: Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2012.
- [16] https://www.google.com.ec/search?q=fibra+de+carbono&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiam-qn4-jVAhXEKiYKHZ7jBXQQ_AUICigB&biw=835&bih=747#imgrc=0U2SDGVMz_Do_M:
- [17] https://www.google.com.ec/search?biw=1600&bih=767&tbn=isch&sa=1&q=fibr+a+de+vidrio+en+aviones&oq=fibra+de+vidrio+en+aviones&gs_l=psy-ab.3...917297.919897.0.920164.11.11.0.0.0.0.373.1260.0j1j3j1.5.0...0...1.1.64.psz-y-ab..6.5.1257...0j0i67k1j0i24k1.WIMXbv5SYGc#imgrc=rPo3Poiw_dnvrm:
- [18] V. Guerrero, J. Davila, R. Galeas, N. Rosas, V. Sotomayor, and C. Valdivieso, *Nuevos Materiales. Aplicaciones estructurales e industriales*, 1ra Edición. Quito: Artes e Impresión, 390AD.




- [19] S. Pacha, “Caracterización Mecánica y numérica del material híbrido de matriz epoxi reforzada con tejido plano de fibra vegetal (algodón) y fibra natural (cabuya),” Universidad Técnica de Ambato, 2016.
- [20] M. Martínez, “Cabuya una visión para el futuro textil” UTN-FICA-EITEX, 2006.
- [21] D. Cripps, “Net Composites, Wet Hand lay Up.” [Online]. Available: <https://netcomposites.com/guide-tools/guide/manufacturing/wethand-lay-up/>.
- [22] E. Muccio, *Plastics Processing Technology*. Ohaio: ASM Internacional, 1994.
- [23] E. Dominguez and J. Ferrer, *Mecanizado Básico*. España: EDITEX, 2017.
- [24] W. Bartsch, *Herramientas, Maquinas, Trabajo*. Barcelona: REVERTÉ S.A., 1973.
- [25] P. Davim, *Machinability of fibre-reinforced plastics*, 1ra Edición. Berlin,Boston: DE GRUYTER, 2015.
- [26] B. R. Sankar, P. Umamaheswarrao, A. V. A. Reddy, and P. K. Kumar, “Drilling of Composite Laminates- A Review,” vol. 1, no. 3, pp. 19–24, 2014.
- [27] O. Rodríguez, “Calidad Superficial: Rugosidad,” in *Maquinas, Métodos y control dimensional del procesamiento*. Recuperado:02/09/2017
- [28] M. T. García, “Materiales híbridos orgánicos - inorgánicos basados en disilanos como unidades estructurales”, PhD. Tesis, Departamento de química, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2012.
- [29] J. Paredes Salinas, “Estudio de Polímeros Híbridos Estratificados de Matriz Poliéster Reforzada con Fibra de Vidrio y Cabuya como Material Alternativo y su incidencia en las propiedades mecánicas en Guardachoques para Buses.” Universidad Técnica de Ambato, 2012.
- [30] H. Gutiérrez Pulido and R. De la Vara Salazar, *Análisis y Diseño de Experimentos*, Segunda Ed. México: McGrawHill, 2015.

ANEXOS

ANEXO 1: Código utilizado en la programación de la máquina CNC.

%	N320G0Z-3.000
:1248	N330G1Z-6.000F0.5
N20G91G28X0Y0Z0	N340G0Z4.000
N30G40G17G80G49	N350G0Z-5.000
N40T1M6	N360G1Z-8.000F0.5
N50G90G54	N370G0Z4.000
N60G43Z15.000H1	N380G0Z-7.000
N70G0X0.000Y0.000S1000M3	N390G1Z-9.000F0.5
N80G0X8.875Y8.875Z15.000	N400G0Z4.000
N90G0Z1.000	N410G0Z15.000
N100G1Z-2.000F0.5	N420G0X45.875
N110G0Z4.000	N430G0Z1.000
N120G0Z-1.000	N440G1Z-2.000F0.5
N130G1Z-4.000F0.5	N450G0Z4.000
N140G0Z4.000	N460G0Z-1.000
N150G0Z-3.000	N470G1Z-4.000F0.5
N160G1Z-6.000F0.5	N480G0Z4.000
N170G0Z4.000	N490G0Z-3.000
N180G0Z-5.000	N500G1Z-6.000F0.5
N190G1Z-8.000F0.5	N510G0Z4.000
N200G0Z4.000	N520G0Z-5.000
N210G0Z-7.000	N530G1Z-8.000F0.5
N220G1Z-9.000F0.5	N540G0Z4.000
N230G0Z4.000	N550G0Z-7.000
N240G0Z15.000	N560G1Z-9.000F0.5
N250G0X27.375	N570G0Z4.000
N260G0Z1.000	N580G0Z15.000
N270G1Z-2.000F0.5	N590G0X0.000Y0.000
N280G0Z4.000	N600G28G91Z0
N290G0Z-1.000	N610G49H0
N300G1Z-4.000F0.5	N620G28X0Y0
N310G0Z4.000	N630M30

ANEXO 2: Descripción de las brocas utilizadas para la experimentación.

Herramental	Descripción	Procedencia	Foto
Herramental 1	Broca helicoidal galvanizada recubierta con diamante. Utilizada en aplicaciones navales con materiales compuestos.	Proveedor: DK HOLDINGS País : Reino Unido Link: http://www.nauticexpo.es/prod/dk-holdings/product-39246-292034.html	
Herramental 2	Broca helicoidal con la punta modificada. Utilizada para taladrar composites reforzados con kevlar.	Proveedor: Proyectos Técnicos y suministros "PROTEC" País: España Link: http://www.proyectostecnicos.net/es/tiendas/protec/productos/37291.html	
Herramental 3	Broca helicoidal HSS normal. Aplicaciones normales para perforar metales.	Proveedor: FERROCENTRO País: Ecuador	

ANEXO 3: Datos Técnicos de la máquina CNC SENFENG

SF1325



●
技术参数 Technical Parameters

<p>机型: SF1325 SF1530 SF2040 加工尺寸: 1300mmx2500mm 1500mmx3000mm 2000mmx4000mm Z行程: 120mm-400mm 加工精度: ± 0.04mm 重复定位精度: ± 0.05mm 台面结构: 真空吸附 X、Y、Z结构: 尺条、丝杠 机器自耗功率: 2.8KW 最大空行速度: 50000mm/min 最大工作速度: 25000mm/min 主轴功率: 4.5KW-7.5KW 主轴转速: 0-24000r/min 运行模式: 步进 (可选伺服) 工作电压: AC380V/50HZ , AC380V/60HZ 运行指令: G代码</p>	<p>Model: SF1325 SF1530 SF2040 Working size: 1300mmx2500mm 1500mmx3000mm 2000mmx4000mm Z Working travel: 120mm-400mm Working precision: ± 0.04mm Location precision: ± 0.05mm Table structure: Vacuum adsorption X,Y,Z structure: X,Y rack, Z Screw power consumption: 2.8KW Max travel speed: 50000mm/min Max work speed: 25000mm/min Spindle power: 4.5KW-7.5KW spindle speed: 24000r/min Work Mode: Stepper Servo Working Voltage: AC380V/50HZ , AC380V/60HZ Working order: G Code</p>
--	--

ANEXO 4: Extracto del artículo “Delamination in drilling GFR-thermoset composites”, para medir el factor de delaminación. Fuente [5]

Composite type	Composition	Thickness (mm)	V_f (%)
Continuous winding	Chopped E-glass fiber	12.32	9.56
	Continues E-glass hoop fiber		12.47
	Filler (sand)		21.05
	Matrix: orthophthalic polyester resin		
Cross-winding	Chopped E-glass fiber	8.06	7.76
	Continues hoop fiber		30.59
	Matrix: orthophthalic polyester resin		
Woven/polyester	Woven E-glass fiber Orthophthalic polyester resin	7.15	33.27
Woven/epoxy	Woven E-glass fiber Matrix: araldite, LY 138-1	3.52	32.73
Chopped/polyester	Chopped E-glass mat Matrix: orthophthalic polyester resin	4.14	27.6

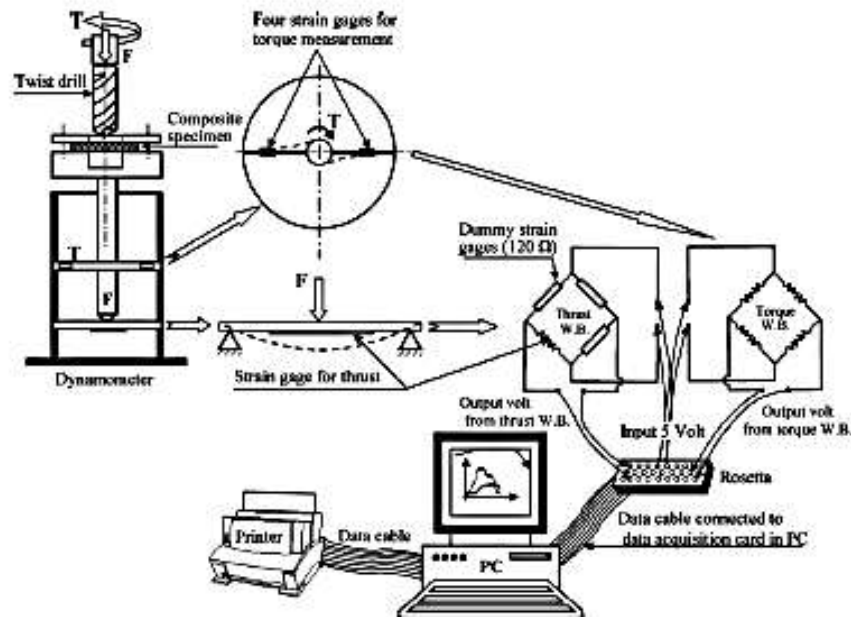


Fig. 1. Set-up for measurements the thrust force and torque.

force and torque. At least two testes were implemented for each cutting variables. The drilling variables are: feeds, $f = 0.03, 0.08, 0.15, 0.23$ and 0.3 mm/rev and cutting speeds, $n = 455, 875$ and 1850 rpm.

2.3. Delamination size measurements

In the present paper an accurate inexpensive technique for measurement the delamination size within 10^{-3} mm resolution has been developed. The equipments required for this technique are: PC, color flatted scanner and image software (CorelDraw). The specimen was placed directly on the glass plate of the scanner (it is recommended to put a transparence on the glass plate of

the scanner to protect it from the abrasive nature of the polymeric composite materials). The scanner used in the present paper is “ScanPrisa 640P, Acer”. The Photo of the drilled specimen was acquired, with 400 DPI, using the software supplied with the scanner or using the CorelDraw software directly. Shadow zone (delamination) was clearly observed around the drilled hole due to the transmitted light through it. Using the contrast, brightness and focusing utilities the shadow zone can easily distinguish from the other undamaged area. The file was saved in BMP format. This file was imparted to the CorelDraw program and the photo was magnified up to $30\times$. A circular was drawn to the delamination (shadow) zone. The CorelDraw program gives the

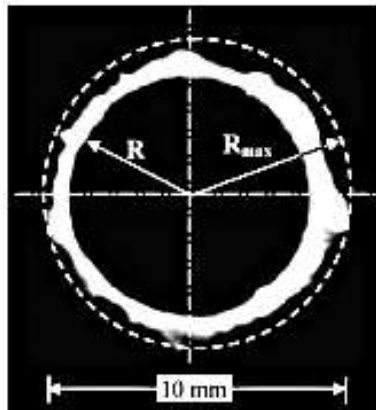


Fig. 2. Photograph illustrates the push-out delamination in drilling cross-winding composites, $n = 1850$ rpm and $f = 0.08$ mm/rev, delamination size = $R_{max} - R = (10.584 - 8)/2 = 1.292$ mm.

diameter of the circular within 10^{-3} mm. The delamination size is defined as the difference between the maximum damage radius and the drilled hole radius (4 mm) (Fig. 2). This technique was calibrated by measuring several dimensions on standard steel ruler. The error lies in the range from 0.3% to 0.8%. This error range was accepted compared with the measurements that carried out using CCD sensor [25].

3. Results and discussions for thrust and torque

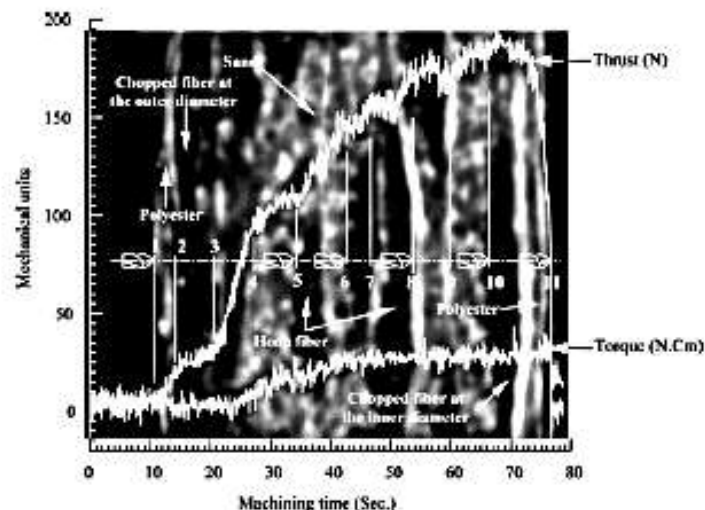
3.1. Behavior of thrust force and torque during drilling of different composite materials

Figs. 3–7 illustrate a complete drilling cycles for continuous-winding, cross-winding, chopped, woven/

polyester and woven/epoxy composites respectively. The thrust force and torque in these figures were measured at the lowest cutting conditions, $n = 455$ rpm and $f = 0.03$ mm/rev. The wave diagram of continuous-winding composites (Fig. 3) shows a gradual increase of the thrust force, up to 25 N (point 1–2), was due to the cutting in polyester resin at the outer surface of the cylinder. As the chiseling edge progress in cutting it met the first layer of chopped FRP (point 2–3) followed by chopped FRP filled by sand (point 3–4). From points 4 to 10 the weave curve has some peaks due to the cutting of alternating layers of sand RP and hoop FRP which have different cutting characteristics. After the thrust force reached to its maximum value it suddenly dropped as the chiseling edge exit the specimen, point 11.

The wave diagrams of cross-winding, chopped, woven/polyester and woven/epoxy composites (Figs. 4–7) show a drastically increases in the thrust force up to the maximum value followed by gradual drop for cross-winding and woven/polyester, Figs. 4 and 6 respectively. On the other hand a sudden drop was observed in drilling chopped and woven/epoxy composites (Figs. 5 and 7). The gradual drop in thrust force at the end of drilling cycle of cross-winding and woven/polyester perhaps due to the softening of the matrix [26] by the heat generated during drilling process which is higher than that generated in drilling chopped and woven/epoxy composites. Where the former composites have double thickness (Table 1) and hence double machining time than the latter composites. Nagao and Hatamura [27] show that the temperature at the drill point rises in proportion to the square root of machining time.

The wave diagrams of the machined composite materials (Figs. 3–7) indicate that the start point of the torque cycles is delayed by few seconds (depending on the value of feed) than the thrust force cycles. This time



ANEXO 5: Facturas



DK Holdings Ltd.
 Station Approach
 Staplehurst Kent TN12 0QN
 United Kingdom

Phone: +44 (0)1590 891662
 Fax: +44 (0)1590 892724
 Email: info@dk-holdings.co.uk
 Website: www.dk-holdings.co.uk
 Regd. in England No. 828600



Worldwide Diamond Tooling Solutions

Invoice: 626678

Pro-forma Invoice

Page: 1 of 1
 Date: 05/06/2017

Sold To:
 Universidad Technica De Ambato
 Av Colombia Y Chile
 Ambato
 Ecuador

Ship To:
 Universidad Technica De Ambato
 Av Colombia Y Chile
 Ambato
 Ecuador

E-Mail

PO Number: Email_03/06/17
 Sales Rep: Andrew J. Gentle

Terms: Pro-forma
 Account: UN100018

F.O.B.: DAP
 Ship Via: Letter Post

Line	Part Number	Description	Quantity	Unit Price	Ext Price	Lead Time
1	ERP600	Parallel Router, RC.31/SER.310 10 x 12.5 x 6mm 36/14, ET849 6mm	1.00EA	47.00	47.00	
2	ERP635	Parallel Router, 44/60, ET849 10 Dia x 12.5mm, Shank 6mm Dia	1.00EA	39.00	39.00	
3	EMP215	8.5mm Twist Drill to ET848 Coated in 36/44	1.00EA	49.00	49.00	
4	EMP220	8.5mm Twist Drill to ET848 Coated in 44/60 Gnt.	1.00EA	43.00	43.00	

Miscellaneous charges:

Royal Mail Letter Post

25.20

Taxation	Taxable Amt	Percent	Amount
Rest of World	203.20	0.0%	0.00

Bankers
 Nations Westminster Bank PLC.
 P.O. Box 4, 3 High Street,
 Maidstone, Kent ME14 1XU
 VAT registration nr. GB 203 0596 04

Acc. number 06336779
 Bank sort code 60-80-08
 IBAN number GB24NWBK60730106336775
 Swift number NWBKGB2L

Goods Total:	\$	178.00
Carriage:	\$	25.20
Tax Total:	\$	0.00
Document Total:	\$	203.20



Proforma 05/06/17

Errors & omissions excepted
 We accept the following payment methods:
 Cheque * Mastercard * Visa * Switch * Solo
 Goods will not be manufactured or sent until paid for in full

Transferencia Intera 55.48

THIS IS NOT A VAT INVOICE



PROYECTOS TECNICOS Y SUMINISTROS, S.L.

PROYECTOS TECNICOS Y SUMINISTROS, S.L.

Batista i Roca, 57 nau 17, Pla D'en Boet
08302 MATARO
(BARCELONA)

Telef.: 937205530 Fax: 902021217
Web: www.proyectostecnicos.net

FECHA: 20/09/17
FACTURA: 1701313 / 1

FACTURA

EDWIN ROLANDO MOYA MOYA

BARRIO CALLATE Y
180854 SANTIAGO DE PILLARO - TUNGURA
ECUADOR (ECUADOR)

COPIA 4

N.I.F.: 1805169651 430006092 99

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO	DTO	IMPORTE
	ALBARÁN 1703846 FECHA 18/09/17 S/P. MAIL 13.09.2017				
11885	BROCA PARA KEVLARØ 8.5	2.00	61.50		123.00
80-10906	FR. VET. Ø 6 * Tag. vecchio con pianitto P0054/591	1.00	31.60		31.60
66SU.060061850	FRESA RF. 66SU Ø 6x18x50 mango 6	1.00	42.00		42.00
119P.060062060	FRESA DUMMY 119P Ø 6x20X60	1.00	105.65		105.65
PORTES	PORTES TRANSPORTE UPS	1.00			

CONTENIDO/CONTAINS : HTAS. / TOOLS
BULTOS/PARCELS - KG: 1-0.50KG
DIMENSIONES/MEASURES: BAG
UPS CUSTOMER No:
UPS TRACKING No: 1Z935V510420669573
ENVIO/SHIPMENT : EX-WORKS UPS SAVER
Nº ADUANA/CUSTOMS No: 84661020

El exportador de los productos incluidos en el presente documento declara que, salvo indicación en sentido contrario, estos productos gozan de un

- SUMA Y SIGUE 302.25

TOTAL IMP.	%	IMPORTE	BASE	%	IVA	%	REC.	TOTAL FRA. (€)

IMP.PORTES: 100.00

Forma de Pago:	Vencimientos:
Banco:	

B-58978271 RMBARCELONA,T10767,L603,53*,F115,H10623,P



R.U.C.: 1791770153001

FACTURA

No. 001-002-000061452

NÚMERO DE AUTORIZACIÓN
2909201701200100200006145217917701531

FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 2017-09-29T19:49:30-05:00

AMBIENTE: PRODUCCION

EMISIÓN: NORMAL

CLAVE DE ACCESO



290920170117917701530012001002000061452000000010

UPS SCS ECUADOR CIA. LTDA
Dir. Matriz : AV. LUIS TUFIÑO OE387 Y AV. REAL AUDIENCIA

Dir. Sucursal : AV. LUIS TUFIÑO OE387 Y AV. REAL AUDIENCIA

Contribuyente Especial Nro. : 00438

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD : SI

Razón Social / Nombre y Apellidos : EDWIN ROLANDO MOYA

RUC / CI : 1805189651

Fecha de Emisión : 29.09.2017

Guía Remisión :

Cod. Principal	Cod. Auxiliar	Cant.	Descripción	Detalle Adicional	Detalle Adicional	Detalle Adicional	Precio Unitario	Descuento	Precio Total
0007		1	CARGOS POR MANEJO				61.00	0.00	61.00

Información Adicional	
Valor en Letras:	SESENTA Y OCHO DOLARES CON 32 CENTAVOS
Email Cliente:	
Observaciones:	ES/EC
Weight:	0.00KGS 0.00KGS
Pieces:	1
Descripción Carga:	DRILLS SEE IMAGE IN DIS-
Credito:	0
Fecha Vencimiento:	20170929
Nro. Embarque:	12935V510420669573
Fecha Embarque:	20170929
Master Bt:	939V51SUNPG
Código Cliente:	TEN001
Sistema Emisor:	SPEC

SUBTOTAL 12%	61.00
SUBTOTAL 0%	
SUBTOTAL No objeto de IVA	
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	61.00
SUBTOTAL Exento de IVA	
DESCUENTO	0.00
ICE	
IVA 12%	7.32
IRBPNR	
PROPINA	0.00
VALOR TOTAL	68.32

Forma de Pago	Valor	Plazo	Tiempo
OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	68.32	0.00	DIAS

Sírvase pagar la cantidad que aparece en el total de este documento hasta la fecha de su vencimiento. Los pagos fuera de plazo estarán sujetos a un cargo adicional, a una tasa mensual de 1.5% sobre el saldo vencido.

"FERROCENTRO C. LTDA."

FERRETERÍA EN GENERAL

Dirección: Primera Imprenta 06-13 y

Vargas Torres * Telf.: 03-2821186

E-mail: liliperezec@hotmail.com

Ambato - Ecuador

RUC. 1890057353001

FACTURA

001-002-

0044607

AUT. S.R.L. 1121584792

DOCUMENTO CATEGORIZADO: NO

CIUDAD	DIA	MES	AÑO
AMB	3	01	2019

RUC/CI _____

Sr. _____ Guía de Remisión _____

Dirección: _____

CANT.	DESCRIPCIÓN	V. UNIT.	V. TOTAL
1	Budón B.5 ACERO	1.95	1.95

FORMA DE PAGO	
Efectivo	1.95
Dinero Electrónico	
Tarjeta de Crédito / Débito	
Otro	

 Recibi Conforme

SUB TOTAL	%	_____
SUB TOTAL 0%		_____
DESCUENTO		_____
SUB TOTAL		_____
IVA	%	_____
VALOR TOTAL		1.95

WELAFUERTE SALTOS ROSA ELENA / RUC: 189418896001 / AUT: 13288
 Cel: 03-94-12 * Cel: 0994655333 * Email: liliperezec@hotmail.com
 Superes del 62891 al 62899 / Fecha de Autorización: 23 / Octubre / 2017
 Válido hasta el 12 / Octubre / 2018