



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

Efecto del perfil de densidad de los tableros de MDF sobre su capacidad de humectación.

Patrocinante: Sr. Aldo Rolleri S.

Trabajo de Titulación presentado
como parte de los requisitos para
optar al Título de **Ingeniero en
Maderas.**

JOSÉ SANTIAGO PLASENCIO SÁNCHEZ

VALDIVIA
2007

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		Nota
Patrocinante:	Sr. Aldo Rolleri S.	_____
Informante:	Sr. Hernán Pobrete W.	_____
Informante:	Sr. Héctor Cuevas D.	_____

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

Sr. Aldo Rolleri.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a las personas que hicieron posible el cumplimiento del más grande de mis sueños, que era algún día llegar a ser un profesional, esas personas son mis tíos REINALDO PLACENCIO y GABRIELA BERCKOFF, quienes con total afecto y sin interés decidieron darme la oportunidad de estudiar mediante el apoyo económico, sentimental y moral, transformándose así en unas de las personas más importantes en el desarrollo de mi educación y vida futura.

Debo agradecer también a las personas, sin lugar a dudas, más importantes dentro de mi vida, aquellas personas que de una u otra forma se la jugaron por mí y me dieron su apoyo y amor en los momentos malos y buenos que viví en esta etapa, esas personas son MARLENE SÁNCHEZ Y JAIME PLASENCIO ellos son mis PADRES, a los cuales siempre he querido con toda mi alma, pese a no ser un hijo muy demostrativo de amor, dentro de este contexto, encontramos también a la mujer que nunca me falló a “mi mujer”, mujer que me dio el regalo más hermoso que alguien me pudo dar jamás, regalo por el cual he tratado de luchar y seguiré luchando, ese regalo es mi hija CONSTANZA PLASENCIO LÓPEZ, la hija más hermosa del mundo, mis ojos, corazón y pensamientos, esta mujer se llama DEYSE LÓPEZ, la mejor pareja que cualquier hombre puede pedir, es por estas últimas dos mujeres por quienes más he luchado y quienes más me han apoyado en todo momento.

También quisiera agradecer a otras personas muy importantes en la realización de este logro quienes de una o otra manera siempre estuvieron cuando más los necesite, mi tía ANA, mi tío ANTONIO, MI abuelita JUANA y abuelo SANTIAGO, mi tía MIGUELINA, mis amigos PABLO ALVARADO, JAVIER RODRIGUEZ, RUDY, FELIPE, HUGO, VIVIANA, JORGE y tantos otros que si los mencionara no acabaría.

Finalmente pero no por eso menos importantes, quisiera agradecer a mis profesores de universidad en general y a todos quienes trabajan dentro de este recinto de conocimientos, en especial a las mejores secretarías de la universidad MARIA EUGENIA y ALEJANDRA, no me queda más que darle las gracias por toda la buena onda y paciencia para conmigo, y por supuesto agradecer a los profesores que trabajaron junto a mí en mi trabajo de titulación don HERNÁN POBLETE, don HECTOR CUEVAS y muy en especial a mi profesor patrocinante don ALDO ROLLERI, gracias por haber creído en mí y por toda la ayuda que me brindó en el tiempo que trabajamos juntos para el cumplimiento de este objetivo, y muchas gracias también a todos aquellos que me ayudaron para cumplir este sueño y que tal vez no están presentes aquí pero sí en mi corazón.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a todas aquellas personas que de una u otra manera me ayudaron a cumplir este sueño tan importante para mí, en especial a mis padres, familiares, amigos y también a mi pareja y a mi hija.

INDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEORICO	2
2.1 Tableros de fibra de densidad media (MDF)	2
2.2 Factores del proceso de fabricación que afectan los niveles de densidad media de los tableros de MDF	3
2.3 Factores inherentes al sustrato y al proceso que afectan el estado de las superficies creadas	4
2.4 Caracterización de superficies	5
2.4.1 Medición de rugosidad de la superficie usando análisis de la imagen.	6
2.4.2 Humectación.	6
3. MATERIAL Y METODO	8
3.1 Material	8
3.1.1 Sustrato.	8
3.1.2 Maquina Tupí.	8
3.1.3 Rugosímetro óptico	8
3.1.4 Pipeta.	8
3.2 Método	8
3.2.1 Acondicionamiento y creación de superficies.	8
3.2.2 Determinación de rugosidad.	8
3.2.3 Determinación de humectación.	9
3.3 Análisis estadístico	9

3.3.1	Estadística de Inferencia.	9
3.3.2	Estadística descriptiva.	10
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
4.1	Efecto del perfil de densidad en la rugosidad de los tableros de fibras de densidad media (MDF)	11
4.2	Efecto de la rugosidad sobre la capacidad de humectación de los tableros de fibras de densidad media (MDF)	13
5	CONCLUSIONES	16
6	BIBLIOGRAFIA	17
	ANEXOS	18
	Abstract.	20
	Diseño estadístico	21
	Estadística descriptiva.	24

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Ejemplo de matriz de trabajo para cada tablero	9
Cuadro 2. Valores de densidad de los diferentes tableros (Kg/mt ³) a diferentes profundidades de maquinado	11
Cuadro 3. Rugosidad óptica promedio a diferentes profundidades de maquinado.	11
Cuadro 4. Tabla ANOVA para rugosidad	12
Cuadro 5. Tabla de Tukey para rugosidad según el perfil de densidad	13
Cuadro 6. Resumen de promedios (en ángulos) de Humectación	14
Cuadro 7. Tabla ANOVA para Humectación según rugosidad	14

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Hardware para medir rugosidad de la superficie por el método de no-contacto	6
Figura 2. Medición del ángulo del contacto entre fluidos y superficies. La humectabilidad es más alta en ángulos más pequeños (parte derecha de la figura) y mas baja a ángulos más grandes (parte izquierda de la figura)	7
Figura 3. Dispersión de los valores de rugosidad a través del perfil de densidad.	12
Figura 4. Dispersión de los valores de humectación según la rugosidad	15

RESUMEN EJECUTIVO

El siguiente trabajo de titulación se realizó con el fin de poder conocer el comportamiento de la capacidad de humectación en los tableros de fibra de densidad media (MDF), al crear nuevas superficies producto de un maquinado único en la medida que se viajaba a través del espesor del tablero.

Se utilizaron 8 tableros de 15mm proveniente de la industria, de cada uno de estos se obtuvieron 3 probetas de 60*10 cm, éstas fueron acondicionadas a un clima de 20°C de temperatura y 65% de humedad relativa. Luego se sometió a éstas a un maquinado único de 6000 rpm de rotación y 22mts /seg con un elemento de corte Z=2, éste maquinado fue hecho en 3 ocasiones sobre el espesor con una disminución del espesor de 2mm cada vez, obteniendo probetas de 13mm, 11mm y 9mm. Cabe destacar que a cada probeta se le calculó la rugosidad óptica (desviación estándar) y la capacidad de humectación (grados) antes de ser maquinadas.

Los resultados finales indicaron una influencia estadísticamente significativa para el caso del perfil de densidad sobre la rugosidad, al ser sometidos a un análisis de varianza con un nivel de confianza del 95%, ésta influencia indicó una relación inversamente proporcional, ya que a medida que aumentaba el valor de las densidades, se producía una disminución de los valores de rugosidad, para el caso del efecto que ejerce la rugosidad sobre la capacidad de humectación, siendo sometidos los factores al mismo análisis estadístico, también se encontró una influencia estadísticamente significativa, indicándose una relación directamente proporcional, ya que a medida que aumentaron los valores de rugosidad, los valores de humectación aumentaron junto a ellos.

Palabras claves: Perfil de densidad, rugosidad, humectación.

1. INTRODUCCIÓN

El MDF, mundialmente conocido como tablero de fibra de madera de densidad media, (Medium Density Fiberboard) es un producto que utiliza fibras de madera encoladas en resinas y que al ser sometidas a un proceso de prensado genera un tablero con excelentes propiedades de resistencia, estabilidad, uniformidad y que se deja pintar e imprimir con relativa facilidad.

Los tableros de MDF en la actualidad alcanzan un promedio del 1.4% de las exportaciones por productos forestales lo que equivale a US\$ 47.55 millones (Corma, 2006).

La industria de los tableros ha penetrado en mercados que necesitan de productos con mayor valor agregado como son las molduras utilizadas por la industria de la construcción las que deben ser preparadas con tratamientos que buscan sellar y nivelar la superficie original, con el fin de obtener un sustrato adecuado para recibir los siguientes tratamientos de fondo y acabado.

La poca investigación en esta área significa hoy en día para industria, altos costos por rechazo de productos cuyas superficies no son adecuadas para interactuar con tratamientos superficiales de forma óptima.

La caracterización de superficies tradicionalmente se ha realizado con metodología que requiere de un contacto entre la superficie y un lector mecánico (método stylus). Este trabajo utilizó una técnica óptica ya validada y cuya ventaja radica en la velocidad de la lectura (Rolleri, 2003).

El presente proyecto plantea la hipótesis de la existencia de una relación entre el perfil de densidad de los tableros de fibra de densidad media y la capacidad de humectación de ellos. Fue necesario entonces caracterizar el sustrato de forma tal de conocer como un maquinado constante interactuando con el perfil de densidad tiene como resultante diferentes niveles de rugosidad.

Por ende el objetivo general del presente trabajo es evaluar el efecto del perfil de densidad de tableros de fibra de densidad media MDF a través de un maquinado único sobre la rugosidad óptica y esta a su vez sobre la capacidad de humectación.

Los objetivos específicos son:

- Medir la rugosidad óptica en distintos niveles del perfil de densidad del tablero de MDF
- Medir la capacidad de humectación de las superficies creadas

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Tableros de fibra de densidad media (MDF)

También se le llama DM o tablero de fibra de densidad media (Medium Density Fiberboard). Está fabricado a partir de elementos fibrosos básicos de madera donde se utiliza como aglutinante un adhesivo de resina sintética que luego del prensado este llega a poseer densidades entre los 0,4 y 0,8 g/cm³.

Presenta una estructura uniforme y homogénea y una textura fina que permite que sus dos caras y sus cantos tengan un acabado perfecto. Se trabaja prácticamente igual que la madera maciza, pudiéndose fresar y tallar incluso los cantos. La estabilidad dimensional, al contrario que la madera maciza, es óptima, pero su peso es muy elevado. Constituye una base excelente para las chapas de madera. Se puede barnizar o pintar además se encola fácilmente. Es comercializado en espesores desde 2,5 mm a 4 cm. o más. La medida del tablero es de 244 x 122 cm. Suele ser de color marrón medio-oscuro y es un tablero de bajo costo.

Recomendable para construir todo tipo de muebles (funcionales o artísticos) en los que el peso no suponga ningún problema. Son una base óptima para lacar. Excelente como tapas de mesas y bancos de trabajo. Se puede utilizar como lienzo para pintar, como base para maquetas, como trasera y fondo de cajones en muebles y como trasera de porta fotos, póster y puzzles (Guillermina, 2006).

Dentro de las propiedades físicas de las fibras utilizadas para fabricar tablero la humedad es importante al momento de ser enviadas a la encoladora ya que al estar las fibras con un mayor contenido de humedad el adhesivo tiene un menor espacio de absorción con lo cual tendría una mala penetración del adhesivo, luego producto de la inclusión de adhesivo vuelve a aumentar su humedad, es finalmente esta humedad con la cual entra al proceso de formación de la estera o manta, aquí el contenido de humedad juega un rol importante debido a que si las partículas se encuentran muy húmedas las células de esta se encontrarán saturadas produciéndose bajas en las propiedades mecánicas (Poblete, 2004).

La densidad de una especie es importante debido a que esta indica la cantidad de fibras por unidad de volumen y además influye en forma importante en los coeficientes de conversión de la planta. En resumen se requiere de densidades que permitan un desfibrado con el menor consumo de energía posible, una densidad muy alta lleva a un mayor consumo de energía y por otro lado una densidad aceptable permite un fácil secado de las fibras. Una alta densidad lleva a cambios en la coloración de las fibras producto del grado de recalentamiento que se produce con el aumento en el consumo de energía.

La calidad de las fibras está determinada básicamente por su tamaño, ya que las fibras más largas permiten un mayor anclaje entre estas en el tablero, y generalmente con esto se produce un aumento de las propiedades mecánicas, es

por esto que la tendencia indica que, en las empresas productoras de tableros se prefiera trabajar con maderas de coníferas (Poblete, 2004).

Por ultimo existen diversos tipos de tableros de MDF entre los que encontramos MDF estándar, MDF liviano, MDF RH.

2.2 Factores del proceso de fabricación que afectan los niveles de densidad media de los tableros de MDF

El almacenamiento de materia prima es el primer proceso en la producción de tableros, aquí se debe tener mucho cuidado con la material prima ya que es donde se encuentra más propensa a sufrir pudrición por ataque de hongos, producto de la humedad a la que se encuentra expuesta, con lo cual se produciría un acortamiento de las fibras o tal vez manchas por acción de estos hongos (Poblete, 2004). Por otro lado también se debe tener en cuenta que al producirse perdidas de masa por biodegradación llevan directamente a perdidas de densidad por lo que se vería afectado el normal perfil de densidad de este tablero, lo que a su vez producirá perdidas en las propiedades del tablero (Peredo y Zarate, 1984).

Luego durante el secado mediante arrastre neumático en un tubo de secado flash, las fibras se encuentran con una humedad entre 50 a 55% aproximadamente, las fibras provenientes desde el desfibrador arrastran una alta presión, luego estas son inyectadas al conducto con lo que se produce un descenso de presión y una expansión de la pasta, este conducto presenta una corriente de aire o gases de combustión calientes y secos (Poblete, 2004). El contenido de humedad logrado en este nivel establece una interacción con el adhesivo utilizado que afectara posteriormente la densidad media final del tablero.

Las fibras pueden ser encoladas antes o después del secado, en Chile el método mas utilizado en el encolado de las fibras, es encolarlas después de secarlas. El tipo de adhesivo a emplear es muy importante ya que determina el uso del tablero, como el tablero de MDF es de uso interior, el adhesivo a utilizar debe ser Urea formaldehído o bien una mezcla de Urea formaldehído y melamina formaldehído. En el caso de requerir tableros con mayor resistencia a la humedad es recomendable la utilización de isocianato, se debe tener en cuenta que la aplicación de este último tipo de adhesivo lleva consigo un aumento en los costos de producción (Poblete, 2004).

Otra posibilidad de dar una mejor resistencia de los tableros a los problemas que pudieran producirse por efecto de un aumento en la humedad, es agregar parafina en emulsión. La cantidad de parafina a agregar en el adhesivo depende del tipo de tablero, madera y adhesivo que se este empleando, la que puede ir variar 0.5 y 2% (Poblete, 2001).

Una vez que las fibras han sido encoladas, pasan a la formación de la manta o estera, esta se hace en una maquina formadora la que consta de una malla que se mueve a velocidad constante y en donde son depositadas las fibras, el

afieltramiento de las fibras se produce a través de la aspiración del aire mediante una sección de succión ubicada bajo la malla, la formación de la estera es un factor determinante al momento de buscar un determinado perfil de densidad de los tableros de MDF (Poblete, 2004).

Las condiciones de prensado varían dependiendo del tipo de prensa y producto, el proceso de prensado reconoce 2 etapas: pre-prensado entre 2 cintas sin fin y dimensionado de la estera y prensado hidráulico, luego de la primera etapa la manta es llevada a la prensa hidráulica, en donde le otorgara el espesor al tablero a través de prensas de monoplato o multiplato (Poblete, 2004).

El prensado es un factor muy importante en la determinación final del perfil de densidad ya que este permite la variación de la densidad dentro del mismo tablero producto de la aplicación de presión, a mayor presión ejercida sobre la estera mayor será el aplastamiento de esta por lo tanto habrá una mayor densidad del tablero (Poblete, 2004).

2.3 Factores inherentes al sustrato y al proceso que afectan el estado de las superficies creadas.

Dentro de los factores inherentes al sustrato el perfil de densidad que es la variación de la densidad en el espesor del tablero es de relevancia cuando se usa MDF en la confección de molduras. Este perfil de densidad es perfectamente cuantificable y se puede determinar a través de una medición gravimétrica la cual consiste en determinar la diferencia de peso de un tablero a medida que se eliminan porciones de la capa de los tableros. Otro método es a través de un equipo especial que trabaja con radiación gama o rayos X. Una vez que se obtienen los valores del perfil de densidad y con la ayuda de estos se puede hacer una evaluación de las condiciones de prensado, el fraguado del adhesivo y las condiciones en la que se encuentra el general el tablero. (Poblete, 2001).

Con respecto a los factores inherentes al proceso, la formación, el prensado, el maquinado y acondicionamiento final afectan las superficies creadas. La formación y el posterior prensado determinan el perfil de densidad del tablero. Este perfil esta íntimamente ligado a las características que presentara una superficie determinada. Los maquinados presentes en la confección de tableros ya sea estructurales o como molduras se utilizan tanto para crear superficies como para prepararlas para recibir un tratamiento superficial.

El primer paso para obtener una buena pintura o barnizado en un producto hecho a base de madera es el lijado, ya que este influye directamente en el resultado final del objeto tratado, en este caso un tablero de MDF, si no se realiza este proceso el acabado del producto no será el mejor (Poblete, 2004).

El objetivo del lijado es eliminar todos aquellos defectos que se han producido durante aquellos procesos de obtención del producto y así nivelar y alisar la

superficie, proporcionando así una superficie adecuada para el uso de cualquier tratamiento superficial realizado al producto final.

Además se debe hacer un segundo lijado, este procedimiento permite eliminar las rayas causadas por lijas de mayor abrasividad, los cuales quedan a la vista en el proceso posterior al lijado donde selladores o barnices son aplicados perjudicando el aspecto del producto (Poblete, 2004).

2.4 Caracterización de superficies

La rugosidad es una de las más importantes propiedades superficiales. Esta puede definirse como la medida de finas irregularidades de la superficie. Su tamaño y frecuencia establecen la calidad de la superficie. El grado de rugosidad superficial en tableros MDF es primariamente una función de las propiedades de la madera incluyendo la especie y tamaño de las fibras. Otros factores como tipo y cantidad de resinas, ciclo de prensa, lijado y contenido de humedad de los tableros pueden también afectar las propiedades de la superficie (Hiziroglu y Graham, 1998).

El método más común para caracterizar la rugosidad de superficies de maderas y productos base madera es el llamado método por contacto, Una de las principales desventajas de este método es el largo tiempo necesario para lograr varias medidas. Sin embargo, este método es muy restrictivo porque una medición traza sólo una corta y pequeña línea.

Las superficies de tableros de la madera son muy difíciles de caracterizar. Tantos factores endógenos tales como material crudo ó factores exógenos inducen a cambios en las características de la superficie de madera que forma los tableros. El proceso de lijado determina las características finales de la superficie de los tableros.

El lijado es un funcionamiento extensamente usado en industria de los tableros basado en madera, el propósito es generar una superficie del tablero lisa y producir un espesor uniforme. La suavidad de la superficie es uno de las propiedades más importantes de los tableros, sobre todo por aplicaciones, donde se recubrirá la superficie del producto el uso de fibras.

Al ejecutar un lijado suave en un tablero de MDF, ya sea en la superficie como en los bordes, se logran terminaciones no porosas las que generalmente no requieren de un sellado posterior. Cabe destacar que nos es lijado lo que entrega la calidad del trabajo final, sino la forma en que se ejecuta el maquinado (Poblete, 2004).

2.4.1 Medición de rugosidad de la superficie usando análisis de la imagen.

Este es un método de no-contacto que mide la rugosidad de la superficie con sensores ópticos. La intensidad de luz se esparce en la superficie áspera lo que se puede describir como una función de la topografía de la superficie.

El principio se muestra en la Figura 1. Se usa una cámara digital que colecta la luz reflejada por la muestra cuando esta es iluminada desde una fuente de luz con un ángulo crítico. Luego se procesa esta imagen digital en una computadora, en donde a través de un software se calculan los parámetros de la rugosidad de la superficie (Rolleri, 2003). La rugosidad óptica se calcula como la desviación estándar del histograma de grises, de la siguiente forma:

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=0}^{255} F_i (x_i - \bar{x})^2}$$

n= pixels en la imagen, xi= gris nivelado (0 i 256), Fi= frecuencia de pixels a xi gris nivelado.

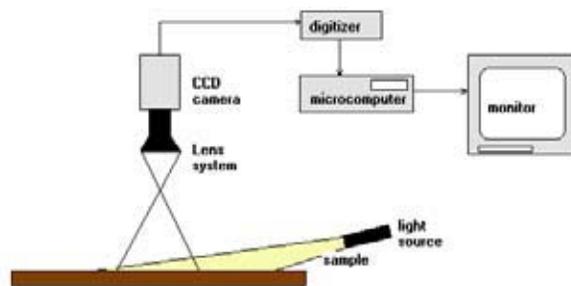


Figura 1: Hardware para medir rugosidad de la superficie por el método de no-contacto (Rolleri, 2003).

2.4.2 Humectación.

La capacidad de humectación es representada por el ángulo dejado por un elemento líquido al hacer contacto con la superficie de la madera (Figura 2). Varios factores son los que tienen influencia en la humectación de la madera, ej., porosidad, densidad y composición química de la superficie de la madera, así como temperatura, viscosidad y tensión de la superficie del líquido.

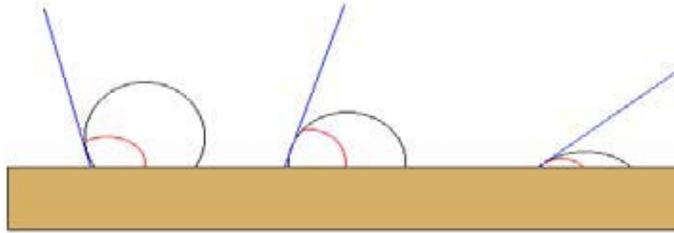


Figura 2: Medición del ángulo del contacto entre fluidos y superficies. La humectabilidad es más alta en ángulos más pequeños (parte derecha de la figura) y mas baja a ángulos más grandes (parte izquierda de la figura), (Rolleri, 2003).

Se puede definir como la fuerza tangencial que ejerce la tensión de la superficie y reduce la penetración de la superficie de un líquido. A mayor tensión de la superficie del fluido más baja será su capacidad mojar la superficie.

Se ha determinado que en tableros de MDF, los cambios de densidad provocan cambios importantes en la capacidad de humectación de estos, de forma que a medida que aumenta la densidad de los tableros disminuye la capacidad de captación de agua de estos (Poblete y Peredo, 1990).

3. MATERIAL Y METODO

3.1 Material

3.1.1 Sustrato.

Este sustrato fue un tablero de MDF de 15mm de espesor proveniente de la empresa Paneles Arauco, cabe destacar que las condiciones de trabajo y las características de este, son de carácter desconocido ya que la empresa se reserva el derecho de propiedad.

3.1.2 Máquina Tupí.

Esta máquina es una fresadora de tipo Tupí marca “Griggio”, que posee una potencia de motor de 4 kw y velocidad de rotación variable de 8000, 6000, 4200 y 3200 RPM.

3.1.3 Rugosímetro óptico

Este esta conformado por una cámara digital, un microscopio, una fuente de luz y un software de análisis de imágenes.

3.1.4 Pipeta.

Utilizada para depositar gotas dosificadas de agua sobre la superficie a humectar.

3.2 Método

3.2.1 Acondicionamiento y creación de superficies.

La primera etapa del experimento consistió en obtener 3 probetas de 60*10 cm. A partir de 8 tableros de 15mm proveniente de la industria, estas fueron acondicionadas a un clima de 20°C de temperatura y 65% de humedad relativa. Una vez alcanzada la humedad de equilibrio se procedió a crear las superficies con un maquinado único de 6000 rpm de rotación y 22mts /seg con un elemento de corte Z=2. Este maquinado fue hecho 3 veces para la misma probeta con una disminución del espesor de 2mm cada vez. Es decir, las superficies en cada probeta fueron obtenidas primero a 13mm, luego a 11mm y finalmente a 9mm.

3.2.2 Determinación de rugosidad.

Luego de cada creación de una superficie bajo condiciones de maquinado constante se midió la rugosidad mediante un método de no contacto u óptico. El número de mediciones por superficie creada fue de 10 y la forma de efectuar las mediciones será como se establece en el punto 2.4.1 del marco teórico.

3.2.3 Determinación de humectación.

Terminada la medición de rugosidad en cada superficie creada se procedió inmediatamente a medir la capacidad de humectación que presentaron las muestras. Estas fueron medidas 6 veces por probeta. La forma de medir la capacidad de humectación es colocando una gota de agua destilada con una pipeta sobre la superficie de un sustrato en particular dejando reposar por 2 segundo. En ese preciso momento se obtiene una imagen digital que se procesa con un analizador de imágenes para obtener los ángulos de contacto.

3.3 Análisis estadístico

Se efectuó 2 tipos de estadísticas, una llamada estadística de inferencia y la otra estadística descriptiva.

3.3.1 Estadística de inferencia.

Debido a que se esperaba que existiera una normalidad entre los perfiles de densidad se analizaron 8 tableros con 3 repeticiones cada uno, y 3 espesores diferentes para cada repetición, en cada profundidad se medirá 10 veces la rugosidad óptica desviación estándar (DS) y 6 veces la capacidad de humectación (grados), posteriormente se calculó los promedios de las muestras tanto en forma individual como agrupadas por espesores para finalmente determinar un promedio y desviación final para la población, los datos analizados fueron previamente anotados en cuadros de tipo Excel de la siguiente matriz teniendo en cuenta que el maquinado fue único. Cabe destacar que la cantidad de tableros a analizar es de 8 tableros.

Cuadro 1. Ejemplo de matriz de trabajo para cada tablero.

Maquinado	Tablero	Nº de repeticiones	Profundidad	DS	Humectación
1	1	3	3	1	1
				2	2
				3	3
				4	4
				5	5
				6	6
				7	
				8	
				9	
				10	

Por lo tanto para el caso de la rugosidad el número de datos obtenidos fue de 720 (8 tableros * 3 repeticiones * 1 maquinado * 3 profundidades * 10 DS). En el caso de la humectación el número de datos obtenidos fue de 432 (1 maquinado* 3 repeticiones *3 profundidades *6 DS *8 probetas). Lo que entrega un total de 1152

datos. Cabe destacar que para este tipo de estadística se utilizó los datos para determinar tablas Anovas y test de Tukey, para determinar el comportamiento los datos y como se relacionan entre ellos.

3.3.2 Estadística descriptiva.

Gráficos de promedio y rangos, estos gráficos mostraran la dispersión principalmente del perfil de densidad, la rugosidad y la humectación dentro de los tableros.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Efecto del perfil de densidad en la rugosidad de los tableros de fibras de densidad media (MDF)

Los perfiles de densidad fueron obtenidos a través un perfilómetro que la empresa Masisa facilitó para este estudio. El cuadro 2 muestra los valores de las densidades que cada tablero en estudio presentó en cada una de las superficies creadas cada 2 mm (13, 11 y 9mm) a través del perfil de densidad de ellos.

Cuadro 2. Valores de densidad de los diferentes tableros (kg/m^3) a diferentes profundidades de maquinado

TABLERO	DENSIDAD (kg/m^3)			
	Código	13mm.	11mm.	9mm.
1		548	504	480
2		480	472	452
3		544	502	490
4		528	488	470
5		508	470	440
6		512	504	470
7		504	488	476
8		564	512	456

Se puede visualizar del cuadro 2 que en general de los valores de las densidades a medida que se acercaron al centro del tablero disminuyeron.

En el cuadro 3 se presenta el promedio final de la rugosidad para cada tablero con respecto a las diferentes profundidades de maquinado.

Cuadro 3. Rugosidad óptica promedio a diferentes profundidades de maquinado.

TABLEROS	RUGOSIDAD ÓPTICA (DS)			
	Códigos	13mm.	11mm.	9mm.
1		20,10	21,21	22,03
2		20,60	21,48	22,49
3		20,20	21,28	22,27
4		20,51	21,58	22,48
5		19,25	21,00	22,22
6		18,74	20,29	21,51
7		18,64	20,01	21,35
8		18,72	19,50	21,49

En el cuadro N° 3 se puede observar como la rugosidad de las superficies creadas aumenta en la medida que la profundidad del maquinado se acerca al centro del tablero. Es interesante resaltar que la rugosidad óptica varía a su vez según el tablero, la explicación de este comportamiento esta lejos de poder ser explicada en este trabajo, debido a que las formulaciones de cada tablero son secretas y

pertenece a la industria donante del material.

Para conocer si existe una relación entre el perfil de densidad de tableros de fibra de densidad media (MDF) y la rugosidad obtenida después de un maquinado único a diferentes profundidades, se sometió los valores a un análisis de varianza. La tabla ANOVA presentada en el cuadro 4 permite conocer como el perfil de densidad del tablero influye sobre la rugosidad.

Cuadro 4. Tabla ANOVA para rugosidad.

Anova para rugosidad según perfil de densidad.					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado promedio	F-ratio	P-valor
A: Perfil densidad	230,846	16	14,4279	24,25	0**
B: Rugosidad	123,718	2	61,8588	104	0**
Residuos	416,436	700	0,594909		
Total (corregido)	1329,94	718			

** indica influencia significativa sobre la densidad al 95% de confianza

Un p-valor menor a 0,05 indica influencias estadísticas significativas; por lo tanto al ver los resultados, se puede afirmar que el perfil de densidad tiene influencia sobre la rugosidad con un nivel de confianza estadístico del 95%.

En la figura 3 se puede observar la dispersión de los promedios de los perfiles de densidad, a través de esta dispersión podemos comprobar que cada vez que se encontraba una densidad baja los valores de rugosidad aumentaban y cada vez que se encontraron valores de rugosidad bajos la densidad estaba más alta, por lo tanto podemos asegurar que la rugosidad está en directa relación con el perfil de densidad de los tableros de MDF.

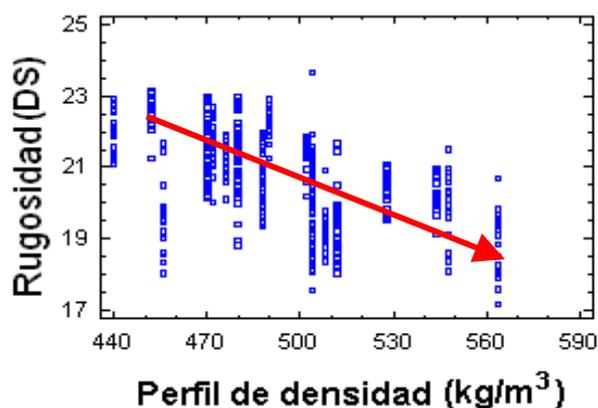


Figura 3. Dispersión de los valores de rugosidad a través del perfil de densidad.

Cuadro 5. Tabla de Tukey para rugosidad según el perfil de densidad.

Test de comparación múltiple de Tukey al 95%, para la rugosidad según el perfil de densidad				
Perfil densidad	Cuenta	Promedio	LS Sigma	Grupos homogéneos
512	60	19,5443	0,108681	X
564	30	19,7966	0,159608	XX
504	89	20,2425	0,094010	XX
508	30	20,3328	0,159608	XXX
476	30	20,5055	0,165577	XXXXX
488	60	20,5668	0,122098	XXX
456	30	20,6398	0,165577	XXXXX
470	90	21,0185	0,094844	XXXX
502	30	21,0442	0,157553	XXXXX
548	30	21,1814	0,159608	XXXX
472	30	21,2476	0,157553	XXX
544	30	21,2848	0,159608	XXXX
440	30	21,3662	0,165577	XX
490	30	21,4229	0,165577	XX
480	60	21,4314	0,105657	XX
528	30	21,5936	0,159608	XX
452	30	21,6412	0,165577	X

El cuadro 5 muestra un análisis de Tukey en donde se logra determinar los grupos homogéneos en cada profundidad, que representan los valores de rugosidad donde no existen grandes diferencias entre ellos.

Es necesario mencionar que si bien el perfil de densidad tiene influencia sobre la rugosidad de los tableros, esto no establece que sea el único factor a tomar en cuenta, ya que si se variara las condiciones de maquinado estas producirían un efecto importante sobre la rugosidad final.

4.2 Efecto de la rugosidad sobre la capacidad de humectación de los tableros de fibras de densidad media (MDF)

En el cuadro 6 se presenta el promedio final de humectación para cada tablero con respecto a las diferentes profundidades del perfil de densidad.

Cuadro 6. Resumen de promedios (en ángulos) de Humectación.

TABLEROS	HUMECTACIÓN (Angulo contactos en grados)		
	Códigos	13mm.	11mm.
1	67,56	61,50	57,79
2	67,13	62,44	57,84
3	67,53	62,28	57,35
4	70,61	62,60	57,29
5	69,43	65,39	58,49
6	71,29	66,56	60,53
7	73,16	65,40	57,93
8	71,30	62,77	56,19

El cuadro 6 muestra como los ángulos decrecen a medida que se acercan al centro del tablero, esto significa que en este lugar los tableros se humectan con más facilidad al aplicar un líquido. La rugosidad a su vez aumenta por el efecto de la baja de densidad, se podría pensar entonces que variaciones en la rugosidad de probetas producto de un maquinado único, climatizadas y una tensión superficial del líquido de prueba constante estaría produciendo diferencias significativas en los valores de humectación para cada profundidad.

En el cuadro 7 a través de un análisis de ANOVA se observa el efecto de la rugosidad sobre la humectación.

Cuadro 7. Tabla ANOVA para Humectación según rugosidad.

Anova para humectación según rugosidad.					
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado promedio	F-ratio	P-valor
A: Rugosidad	696,352	16	43,522	14,55	0**
B: Humectación	2791,26	2	1395,63	466,7	0**
Residuos	1232,06	412	2,99044		
Total (corregido)	11967,3	430			
** indica influencia significativa sobre la densidad al 95% de confianza					

Nuevamente se encuentra un p-valor menor a 0,05 por lo tanto se existe una influencia estadística significativa; por lo tanto, se puede afirmar que la rugosidad tiene influencia sobre la humectación con un nivel de confianza estadístico del 95%.

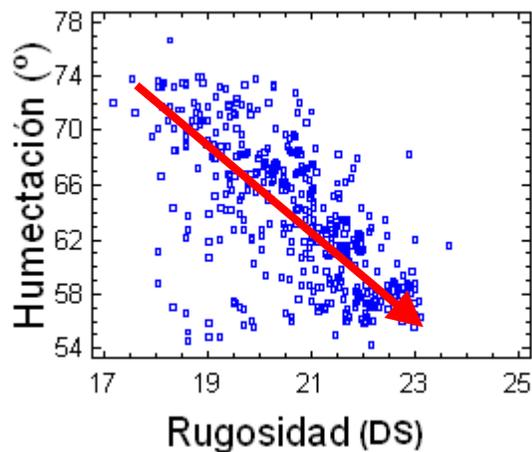


Figura 4. Dispersión de los valores de humectación según la rugosidad.

Se puede demostrar a través de la figura 4 que al disminuir la rugosidad se disminuye la capacidad de humectación en el tablero MDF (a medida que aumenta el ángulo de humectación, indica una disminución en la penetración del líquido por lo tanto una menor capacidad de humectación), esto indica que se disminuye el efecto del perfil de densidad en el tablero. Al conocer de esta manera el comportamiento en la capacidad de humectación, se debe esperar que existan problemas al momento de aplicar tratamientos superficiales, es probable que no se obtengan superficies niveladas y homogéneas en sus propiedades de apariencia.

Determinar el comportamiento de la humectación dentro del perfil de densidad es relevante al momento de usar un tratamiento superficial líquido, ya que nos lleva a una mejor aplicación.

Si bien se demuestra que existe influencia del perfil de densidad sobre la humectación, a través de la rugosidad de los tableros, es importante mencionar que existen otros factores importantes sobre la humectación tales como el tipo de adhesivo y la cantidad de emulsión parafina que presente cada tablero, esto no le resta importancia a lo demostrado a través de este estudio.

El comportamiento que se presentó en la absorción de agua indica que ante un aumento de la densidad de los tableros la absorción de agua disminuye, esto se puede explicar por un aumento de material leñoso hay también un aumento de la resina y aditivos los cuales repelen el agua. Además se agrega que al aumentar la densidad se disminuyen los espacios vacíos donde puedan quedar depositadas las moléculas de agua. Lo que también es válido para explicar la disminución de la humedad de equilibrio ante incrementos de la densidad, esto tiene igual comportamiento a lo establecido por (Poblete y Peredo, 1990).

5. CONCLUSIONES

- El comportamiento de los valores tanto de rugosidad como de humectación se presentaron homogéneos dentro de un nivel del perfil de densidad, lo que indica un comportamiento estable de estas variables frente a una densidad constante.
- Con la obtención de la tabla Anova queda claramente demostrado que el perfil de densidad tiene influencia sobre la rugosidad, indicando que a medida que se trabajó mas hacia el centro de los tableros, los valores de rugosidad aumentan.
- La rugosidad tiene también influencia sobre la capacidad de humectación de los tableros de MDF, pero sin duda esta se somete al perfil de densidad de los tableros estudiados.
- El método-óptico resulta ser una solución efectiva cuando se quiere evaluar la influencia de diferentes variables en el comportamiento de las superficies de tableros de fibras de densidad media (MDF).

6. BIBLIOGRAFIA

- CORPORACIÓN CHILENA DE LA MADERA (CORMA). 2006. Aumentan exportaciones de productos elaborados **INTERNET:** <http://www.corma.cl/> (octubre 25, 2006)
- HIZIROGLU, S. GRAHAM, M. 1998. Effect of press closing time and target thickness on surface roughness of particleboard. *Forest Products Journal* 48(3): 50-54.
- PEREDO, M. ZARATE, M. 1984. "Estudio preliminar del estado sanitario de la materia prima madera y análisis de su influencia en el pulpaje Kraft". Valdivia Chile.
- POBLETE, H. 2001. Tableros de partículas. Ed. El Kultrún. 177p
- POBLETE, H. 2004. Tableros MDF. Apuntes de clases Instituto de tecnología de productos forestales. Valdivia Chile.
- POBLETE, H. PEREDO, M. 1990. Tablero de desecho del debobinado de especies chilenas. *Revista Bosque* N° 11 (2). Universidad Austral de Chile, Instituto de Tecnología de Productos Forestales. pp. 45 - 58
- ROLLERI, A. 2003. Rugosidad de tableros de fibra de densidad media (MDF) usando método de contacto y no contacto. **INTERNET:** <http://www.scielo.cl/scielo> (marzo 17, 2006)
- TABLEROS GUILLERMINA. 2006. Características técnicas de los tableros de MDF. **INTERNET:** <http://tablerosguillermina.com.ar/carfismec.htm> (octubre 08. 2006)

ANEXOS

ANEXO 1
Abstract.

ABSTRACT.

The following work was carried out with the purpose of being able to know the behavior of the wettability capacity in the boards of fiber of half density (MDF), when creating new surfaces product of the diverse ones schemed those that are subjected, for it one kept in mind that inside a board different densities exist, what is known as profile of density.

they were used 8 boards of 15mm coming from the industry were used, of each one of these 3 test tubes of 60*10 cm were obtained, these were conditioned to a climate of 20°C of temperature and 65% of relative humidity. Then underwent these to a schemed only of 6000 rpm of rotation and 22mts / seg with a court element $Z=2$, this schemed was made in 3 occasions about the thickness with a decrease of the thickness of 2mm every time, obtaining test tubes of 13mm, 11mm and 9mm. To each test tube it was calculated the optic roughness (DS) and the wettability capacity (°) before being schemed.

The final results indicated an influence statistically significant for the case of the profile of density on the roughness, to the subjected being to a variance analysis with a level of trust of 95%, this influences indicated a relationship inversely proportional, since as the value of the densities increased, a decrease of the roughness values took place, for the case of the effect that exercises the roughness about the wettability capacity, being subjected the factors to the same statistical analysis, it was also statistically a significant influence, being indicated a directly proportional relationship, since as the roughness values increased, the wettability values increased next to them.

Key words: Profile of density, roughness, wettability.

ANEXO 2
Diseño estadístico

1. Análisis de varianza.

Se realizaron 2 análisis de varianza de 2 factores, uno para humectación y otro para rugosidad.

El modelo:

$$y_{jk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + u_{ijkm}$$

Donde:

μ : Es la media global.

α_i : Es el efecto del nivel i del primer factor.

β_j : Es el efecto del nivel j del segundo factor.

u_{ijkm} : Es el error de la observación respecto a la media global, m es el número de repeticiones.

Factores y niveles utilizados en los modelos.

Factores	Niveles
α : Perfil de densidad	17
β : Espesor del tablero (mm)	3: (9,11,13)
Repeticiones: 3	

2. Diagnósis del modelo.

Para comprobar que el modelo aplicado es válido se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Homogeneidad en la varianza de los factores.
- Normalidad en la distribución de los residuos.

Estas validaciones se realizaron con el software STATGRAPHICS 5.1 mediante análisis gráfico, y mediante Test de Bartlett.

- **Prueba de Homogeneidad.**

Prueba de homogeneidad de varianza según Test de Bartlett para cada factor	
P-perfil de densidad	0,6231
P-rugosidad	0,85169
P-humectación	0,75624

Se concluye que no existe diferencia estadística significativa entre las desviaciones estándar al 95% de confianza ya que los P-valores son mayores a 0.05.

ANEXO 3
Estadística descriptiva.

o Cuadro 1. Resúmenes para humectación y rugosidad.

Promedios para humectación					
Perfil densidad	Cuenta	Promedio	Desviación estándar	Límite inferior	Límite superior
440	18	63,991	0,479	63,048	64,933
452	18	63,340	0,479	62,398	64,282
456	18	61,693	0,479	60,751	62,635
470	54	65,099	0,275	64,560	65,639
472	18	63,534	0,456	62,638	64,430
476	18	63,432	0,479	62,490	64,374
480	36	61,915	0,306	61,314	62,516
488	36	65,093	0,353	64,398	65,787
490	18	62,856	0,479	61,913	63,798
502	18	63,370	0,456	62,473	64,266
504	54	65,603	0,271	65,070	66,137
508	17	62,837	0,472	61,908	63,765
512	36	64,277	0,315	63,659	64,895
528	18	64,012	0,462	63,104	64,920
544	18	60,932	0,462	60,024	61,840
548	18	60,967	0,462	60,059	61,874
564	18	64,700	0,462	63,792	65,608
Resumen	432	63,391			

Promedios para rugosidad					
Perfil densidad	Cuenta	Promedio	Desviación estándar	Límite inferior	Límite superior
440	30	21,366	0,166	21,042	21,691
452	30	21,641	0,166	21,317	21,966
456	30	20,640	0,166	20,315	20,964
470	90	21,019	0,095	20,833	21,204
472	30	21,248	0,158	20,939	21,556
476	30	20,506	0,166	20,181	20,830
480	60	21,431	0,106	21,224	21,639
488	60	20,567	0,122	20,328	20,806
490	30	21,423	0,166	21,098	21,747
502	30	21,044	0,158	20,735	21,353
504	90	20,243	0,094	20,058	20,427
508	30	20,333	0,160	20,020	20,646
512	60	19,544	0,109	19,331	19,757
528	30	21,594	0,160	21,281	21,906
544	30	21,285	0,160	20,972	21,598
548	30	21,181	0,160	20,869	21,494
564	30	19,797	0,160	19,484	20,109
Resumen	720	20,874			

- Cuadro 2. Datos totales obtenidos para humectación.

Humectación	Profundidad 13mm	Repetición N°1						Repetición N°2						Repetición N°3					
		Tablero 1	68,5	67,69	68,48	66,8	67,09	67,62	68,2	64,89	68,46	67,25	68,2	65,22	67,72	66,71	68,5	70,14	68,3
Tablero 2	68,96	66,8	67,52	67,38	67,2	68,2	66,28	65,81	68,02	66,8	67,38	67,54	66,17	66,25	67,23	66,59	67,31	66,93	
Tablero 3	67,13	66,97	66,91	68,91	67,25	66,8	67,27	67,07	68,22	67,59	65,01	67,25	68,6	68,75	66,5	69,01	68,2	68,04	
Tablero 4	67,17	69,68	70,1	69,65	68,06	70,08	72,1	73,3	71,22	69,44	71,36	73,43	71,97	72,12	72,74	68,36	71,39	68,75	
Tablero 5	68,39	68,55	69,81	63,9	68,07	66,02	71,77	68,91	72,53	69,25	70,56	70,67	70,35	68,85	68,95	68,4	68,9	70,35	
Tablero 6	70,73	71,78	70,96	71,57	70,07	71,08	70,71	70,74	69,61	71,1	72,04	71,33	70,13	73,96	72,31	71,57	71,8	71,7	
Tablero 7	76,63	73,38	73,38	73,47	73,36	73,95	73,95	73,25	73,47	71,08	69,06	73,86	70,77	73,81	73,16	73,24	73,48	73,57	
Tablero 8	70,46	71,75	69,62	71,78	71,77	71,92	71,3	73,18	73,61	71,57	72,07	69,78	68,06	70,28	69,5	72,1	71,32	73,24	
Humectación	Profundidad 11mm	Repetición N°1						Repetición N°2						Repetición N°3					
Tablero 1	62,78	61,03	61,82	60,59	61,11	61,82	61,39	62,15	61,01	60,95	61,56	60,99	62,24	61,03	60,68	61,34	62,49	62,04	
Tablero 2	61,88	62,42	61,99	63,43	62,5	62,47	62,2	62,1	63,15	62,8	62,07	63,43	61,49	63,72	60,17	62,35	62,35	63,43	
Tablero 3	63,09	65,05	63,43	62,76	62,72	64,04	61,59	61,76	61,26	61,56	61,62	60,72	61,28	61,39	62,84	63,11	61,61	61,16	
Tablero 4	63,43	62,33	62,2	62,45	63,79	62,88	62,31	61,33	61,55	63,03	63,43	60,52	62,68	62,8	63,43	62,99	61,33	64,29	
Tablero 5	65,9	64,9	63,2	65,2	64,26	65,3	65,85	66,12	65,56	66,8	65,3	65,56	67,93	64,8	64,93	64,11	66,28	64,93	
Tablero 6	66,94	66,55	68,37	67,58	68,53	66,14	66,25	65,38	67,04	64,36	66,04	64,26	67,52	66,64	65,38	67,38	66,91	66,8	
Tablero 7	65,32	66,28	64,35	66,21	65,48	66,38	65,2	64,18	66,56	65,56	66,71	64,13	65,3	64,18	63,5	66,78	65,56	65,56	
Tablero 8	62,59	62,1	63,43	61,82	62,15	66,71	63,89	62,7	62	63,81	60,26	60,89	62,93	62,68	63,77	61,09	64,32	62,68	
Humectación	Profundidad 9mm	Repetición N°1						Repetición N°2						Repetición N°3					
Tablero 1	59,69	57,91	57,07	57,99	58,72	58,31	56,2	58,67	57,58	57,23	56,86	56	57,8	58,39	58,54	57,53	57,06	58,69	
Tablero 2	58,67	68,28	58,06	58,11	56,85	56,04	56,86	56,31	57,6	56,85	56,07	57,93	58,3	56,31	57,41	56,38	57,04	58,01	
Tablero 3	56,55	56,04	57,32	58,43	56,79	57,32	56,2	58,03	57,46	56,99	57,06	57,26	58,63	57,09	57,98	56,89	58,19	58,13	
Tablero 4	58,55	58,66	58,48	57,52	57,04	56,06	55,62	57,99	56,67	58,3	57,31	58,31	58,21	56,5	54,16	56,98	58,74	56,06	
Tablero 5	57,34	58,01	56,98	57,17	55,95	58,15	57,75	58,78	58,5	58,9	58,91	57,53	62,92	59,35	59,66	58,8	58,47	59,62	
Tablero 6	60,13	58,5	59,8	58,13	62,45	59,22	61,02	62,53	62,05	60,26	60,78	61,93	60,4	60,69	61,7	59,79	60,95	59,2	
Tablero 7	56,31	56,31	56,63	56,82	59,2	57,68	57,26	57,6	57,09	57,89	59,35	57,46	58,82	59,04	57,99	58,57	59,68	59,04	
Tablero 8	55,01	56,55	55,71	55,91	56,04	57,34	57,02	57,53	54,74	54,74	55,54	56,02	56,66	56,94	54,58	58,83	57,09	55,18	

○ Cuadro 3. Datos totales obtenidos para rugosidad.

Rugosidad	Profundidad 13mm		Repetición N°1										Repetición N°2										Repetición N°3																		
	Tabla	Medida	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Tablero 1	20,6	20,3	19,8	19,9	20,8	20,3	19,6	19,6	20,7	20,3	21,5	19,1	20,1	18,1	18,4	18,6	19,7	21	20,8	21,4	21,9	19,1	19,8	19,4	19,3	21,2	20,7	20,5	19,9	20,4											
Tablero 2	19	19,4	20,3	20,8	20,9	20,8	20,5	20,6	20	20,1	20,3	20,4	21,5	21,7	21,8	21,8	18,8	20,3	21,8	19	18,7	20,5	20,8	21,5	22,2	21,5	19,4	20,2	20,7	22,7											
Tablero 3	20,3	19,9	19,9	20,6	20,2	19,8	20,2	20,1	20,7	20,1	21	20,9	20,8	20,2	20,9	19,7	20	19,1	20,5	20,6	19,8	20,1	20,4	19,5	19,1	20,5	19,7	20,3	20,2	21											
Tablero 4	20,5	20,7	20,3	20,5	19,5	19,6	20,8	20,3	19,8	20,6	20,7	20,3	19,6	20,2	20,7	20,1	21	21,1	20	20,1	20,5	20,2	20,7	21,3	21,6	21,4	21,6	20,8	21,3	19,8											
Tablero 5	19,2	18,4	19,2	19,8	19,6	19,8	19,4	19,4	19,1	19	20,9	19	19,4	19,3	19,1	19,2	18,6	18,7	19,5	19,6	19,7	19,9	18,2	18,8	19,9	18,2	19,4	19,7	19,4	18,6											
Tablero 6	18,8	18,8	19,4	20	18	18,8	18,2	18,9	18,6	19,5	18,7	18,8	18,3	18,8	19,6	18,4	19	18,2	18,6	18,9	17,5	19,3	18,1	19,2	17,4	17,8	19,5	19,6	19,1	18,2											
Tablero 7	18,3	18,1	19,7	18,5	18,6	18,9	18,8	18,3	18,6	19,2	18,6	17,5	18,7	19,9	19,4	18,1	18,9	18,1	18,8	18,9	18,2	18,5	18,6	18,1	18,6	17,3	19,3	19	18,3	19,2											
Tablero 8	18,8	18,1	17,9	19,8	18,3	19,4	19,5	19,2	18	18,5	19,6	19,7	19,1	19,4	20,7	17,2	17,6	18	18,6	18,1	18,7	18	17,9	17,3	20,9	19,7	19,3	18	18,1	18,3											

Rugosidad	Profundidad 11mm		Repetición N°1										Repetición N°2										Repetición N°3																		
	Tabla	Medida	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Tablero 1	21,3	21,5	20,6	21	21,9	21,1	20,9	21	21,6	21,3	23,7	20,9	21,2	19,920	19	20	20,5	19,9	21,5	22,3	23,7	19,9	21,2	19,9	19,7	21	21	20,9	23,5	23,3											
Tablero 2	21,1	21,9	21,8	21,6	21,6	21,4	21,4	21,9	20,7	21,1	21,3	22,4	22,4	22,1	22,7	22,5	20	21,1	22,2	21	21	21,4	21,7	21,7	21,5	21	20,3	20,9	21,7	21,1											
Tablero 3	21,4	21,5	21,6	21,3	21,3	21	21,7	21,9	21,6	21,8	21,5	21,4	21,6	21,6	21,7	20,2	21,8	20,6	21,4	21,2	21,7	21,6	21,7	21	21	20,2	21,1	21,1	20,1	21,1											
Tablero 4	21,4	21	21,4	21,5	21,5	20,6	22	21,9	21,6	21,5	21,6	21,7	20	21	21,7	21,5	22	22	21,7	21,1	21,5	22	21,9	22,1	22,7	22,6	22,7	21,5	21,7	20,5											
Tablero 5	20,5	20,2	20,5	21,4	21,2	21	21,1	20,5	20,4	20,7	21,5	21	21,9	21	20,7	20,9	20,4	20,2	21,3	21,7	21,4	20,9	21,3	21,6	20,1	21,9	20,3	21,5	21,3	21,6											
Tablero 6	20,8	20,5	20,6	21	20,7	20,2	20,1	20,8	21,1	21	19,4	19,2	21	19,2	21	20,1	20,7	19,7	19,7	20,4	20,8	20,9	18,5	21,1	20,5	19,3	19,3	19,1	20,5	21,5											
Tablero 7	19,4	19,8	20,8	20,4	19,9	20,3	19,6	19,3	20,3	20,5	19,4	19,4	20,1	20,7	20,9	19,7	19,5	19,8	19,9	19,5	19,3	19,9	19,8	20,2	20,9	20,7	20,1	20,6	19,3	20,6											
Tablero 8	21,5	18,6	19,7	19	19,8	19,5	19,6	19,5	19,2	19	19,9	21,7	20,5	19,7	18,6	18	18,3	18,6	18,5	18,6	19,6	19,3	19,6	20,2	19,6	19,6	20,2	20,2	19,8	19											

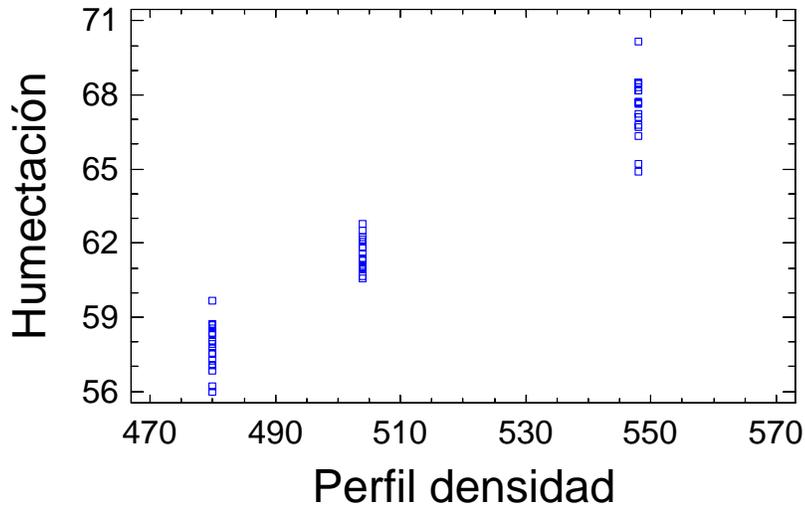
Rugosidad	Profundidad 9mm		Repetición N°1										Repetición N°2										Repetición N°3																		
	Tabla	Medida	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Tablero 1	22,3	22,8	21,1	22,1	23	22,7	22	22,1	22,8	22,1	21,7	20,6	22,6	21,4	21,5	21,9	21,2	20,8	22,6	23,1	22,4	22,5	22,1	21,7	22,5	21,3	21,2	22,3	22,8	21,6											
Tablero 2	22,5	22,9	22,8	22,2	22,6	22,8	22,7	22,1	22,2	22,5	22,2	22,5	23	23,1	23,1	22,9	21,3	22,1	22,6	21,8	22,5	23,9	22	22,7	22,9	22,3	22	22	22,7	21,8											
Tablero 3	22,8	22,2	22,1	22,8	22,7	21,9	22,9	22,4	22,6	22,6	22,3	22,1	22,1	22,2	22,5	21,3	22,2	21,6	22,4	23	22,5	22,5	22	23,3	21,5	22,2	21,9	22	21,4	22,4											
Tablero 4	22,5	22,9	22,7	22,4	22,2	21,7	23	22,9	22	22,2	23	22,7	21	23	22,2	22,1	22,9	22	22,9	22,4	23	22,7	22,9	22,6	23	23	22,7	22	22,8	21,1											
Tablero 5	21,4	21,9	21,9	22,8	22	21,9	22	21,3	21,1	21,6	22,6	22,2	22,2	22,8	21,3	22,6	21,9	22,9	22,9	22,6	23,2	22	22,7	22,4	22,4	22,7	22,5	22,8	21,7	22,4											
Tablero 6	21,8	21,2	21,1	21,8	21,9	21,5	21,7	22,1	23	22	21,3	20,9	21,7	20,8	22	21,6	21,6	20,4	20,5	21,2	21,9	21,6	21,3	22,1	21,9	20	22,3	21,2	20,4	22,5											
Tablero 7	21,8	20,6	21,7	21,1	21,5	21,6	21,3	20,8	21,9	21,9	20,1	21	21,5	21,3	21,9	21	20,8	20,6	20,1	20,9	20,2	22	21,4	22,8	22,9	20,3	21,5	22,5	21,4	22,4											
Tablero 8	21,6	21,5	21	22,2	21,8	21,4	21,5	21,6	21,9	22,2	21,4	22,5	20,7	21,6	21,6	22,1	21,5	22	21,4	21	21,2	21,4	21,5	22,1	20,5	20,2	21,3	21,4	21,5	21,6											

- Gráficos comparativos por probetas.

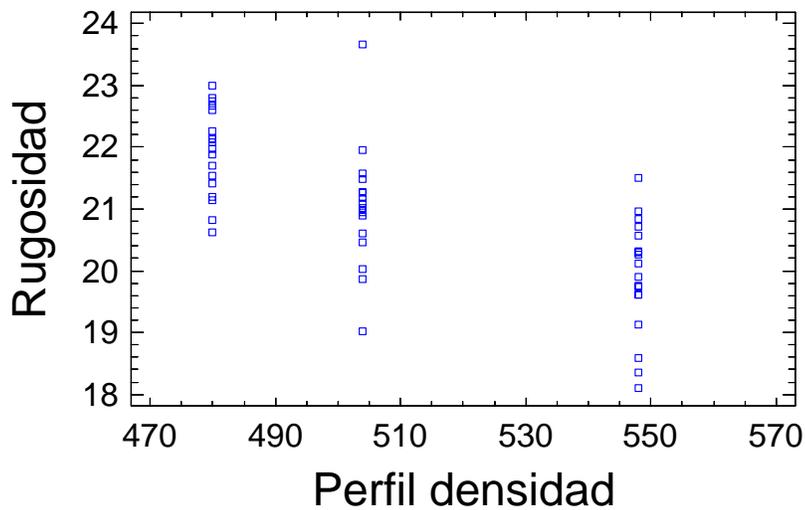
La continuación se presenta los comportamientos individuales de rugosidad y capacidad de humectación para cada una de las probetas.

Probeta 3127

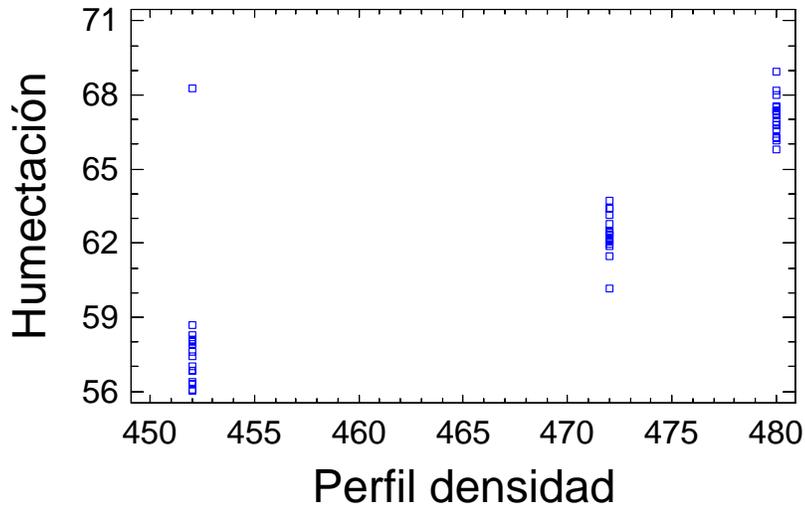
Humectación vs perfil densidad



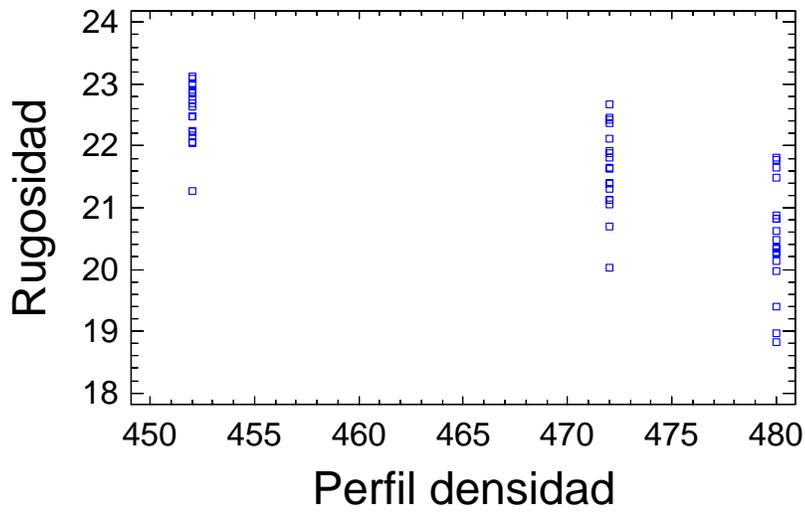
Rugosidad vs perfil densidad



Humectación vs Perfil densidad

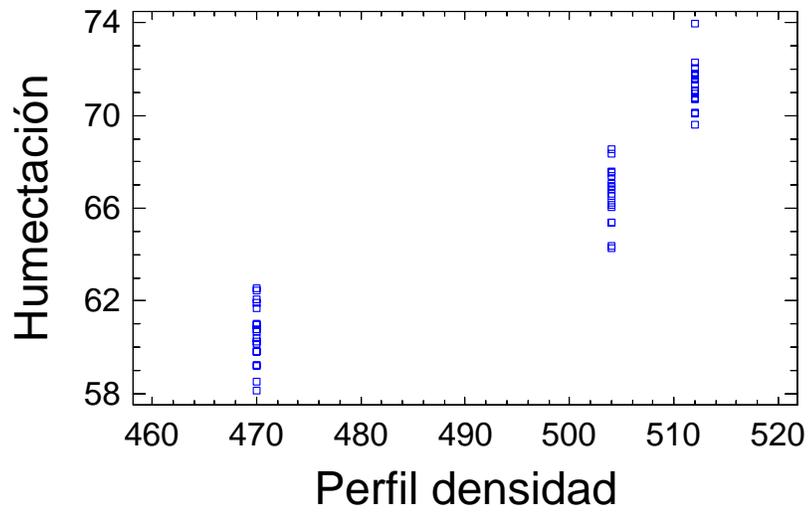


Rugosidad vs Perfil densidad

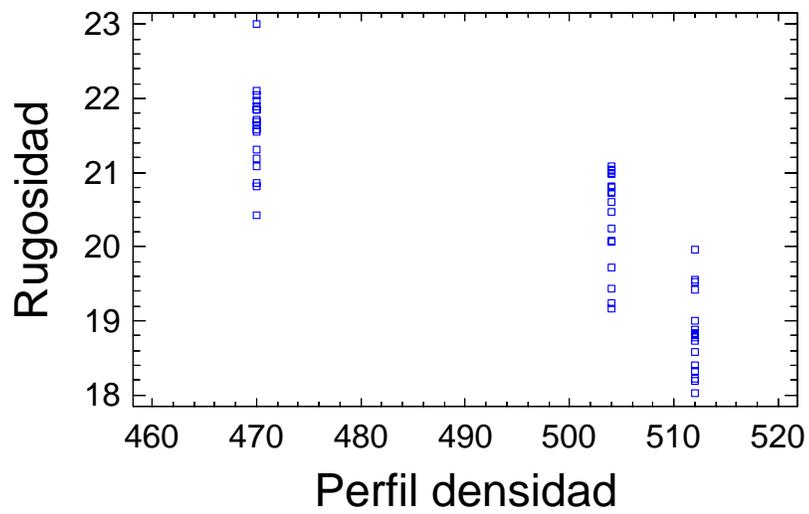


Probeta 3495

Humectación vs Perfil densidad

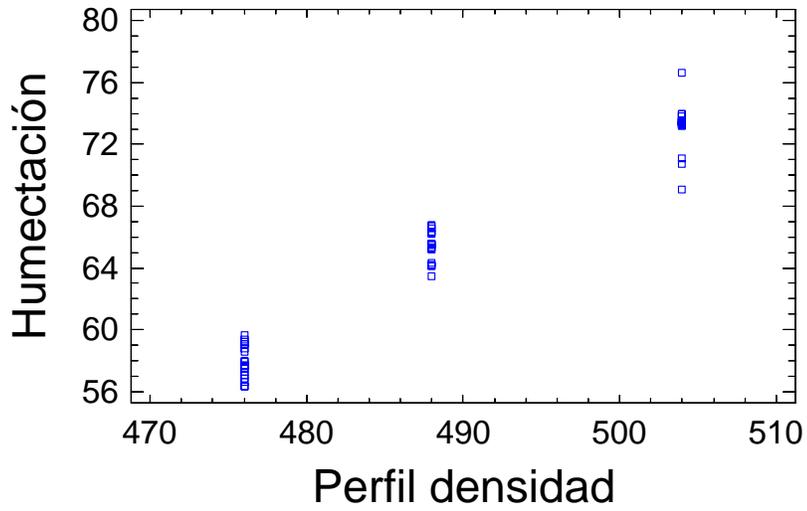


Rugosidad vs Perfil densidad

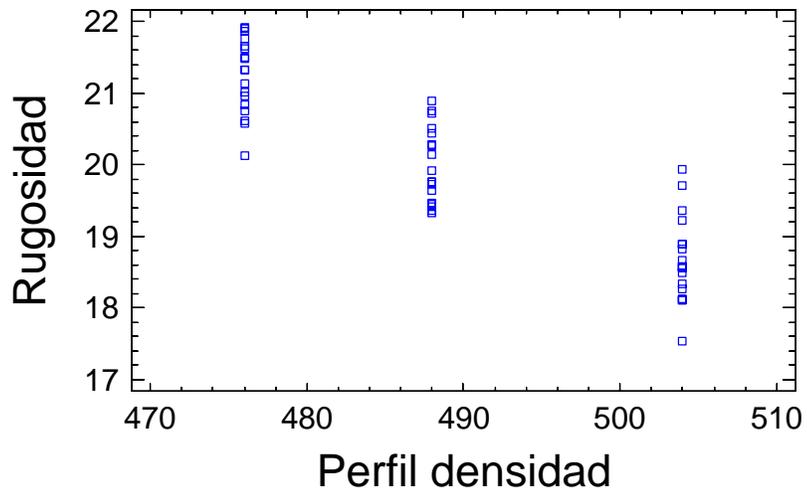


Probeta 3562

Humectación vs Perfil densidad

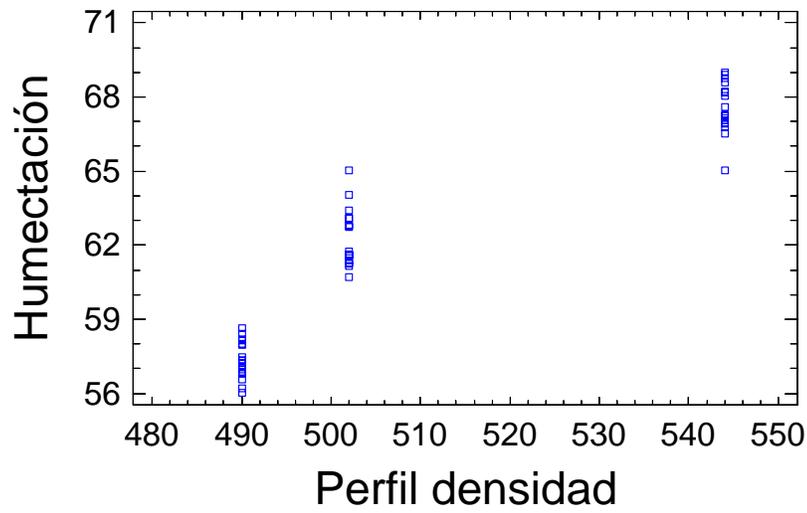


Rugosidad vs Perfil densidad

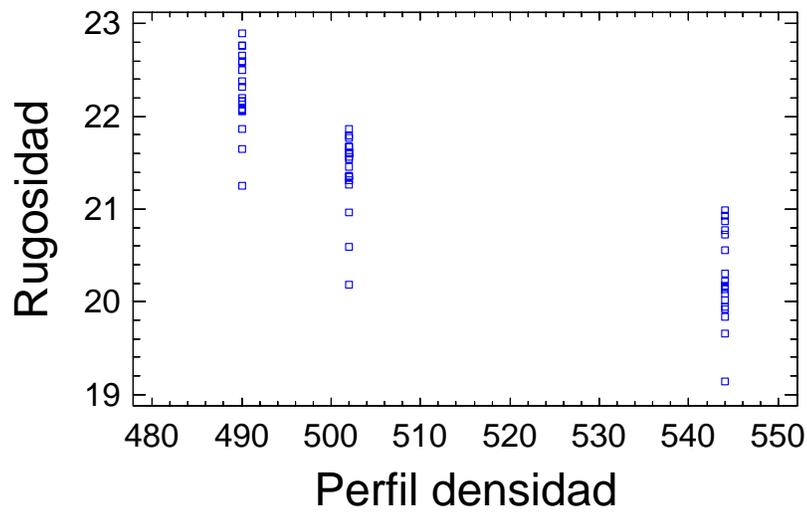


Probeta 3740

Humectación vs Perfil densidad

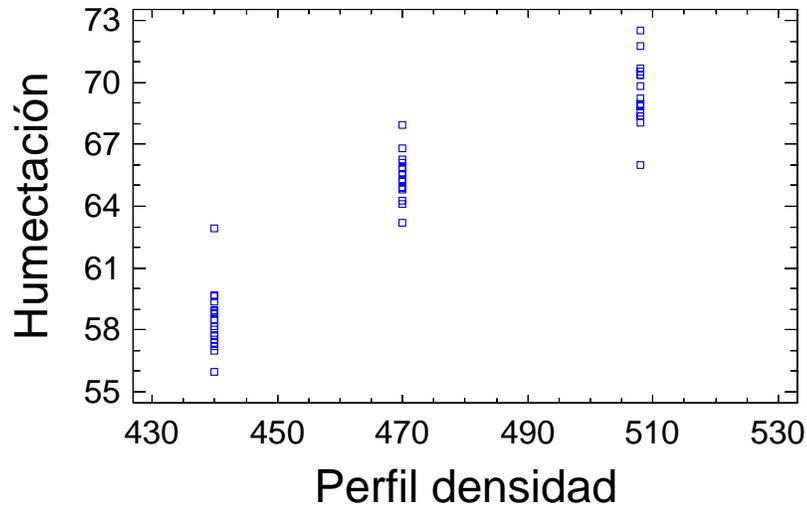


Rugosidad vs Perfil densidad

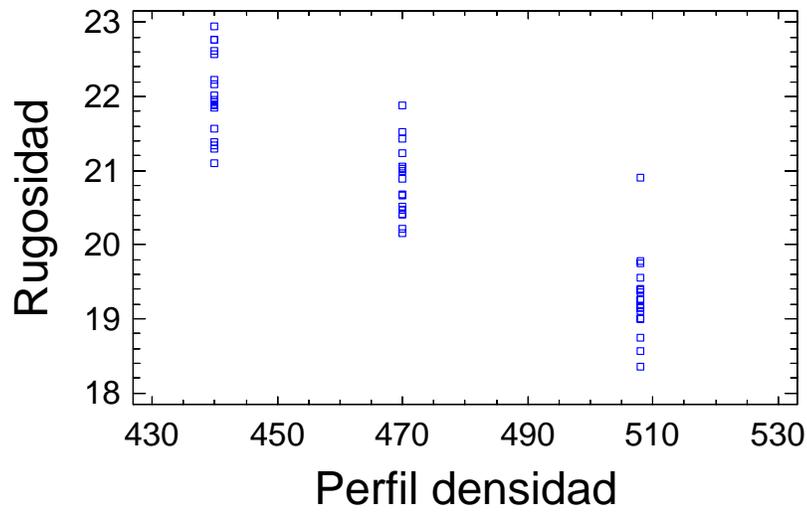


Probeta 3818

Humectación vs Perfil densidad

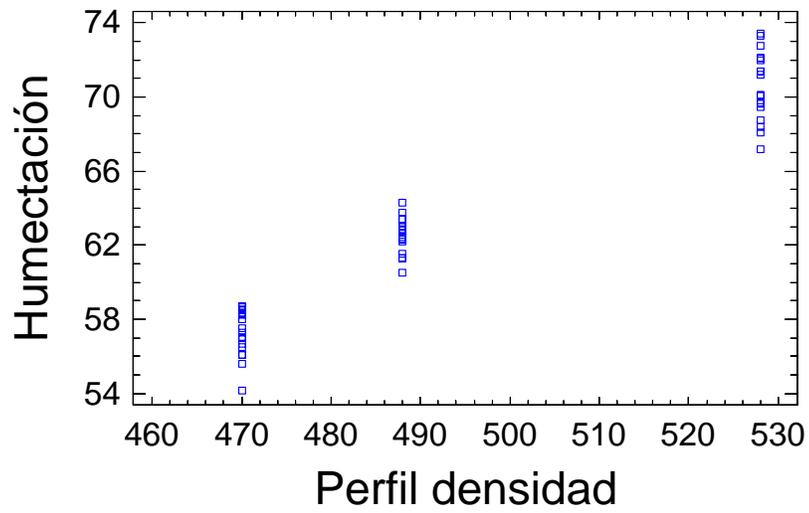


Rugosidad vs Perfil densidad

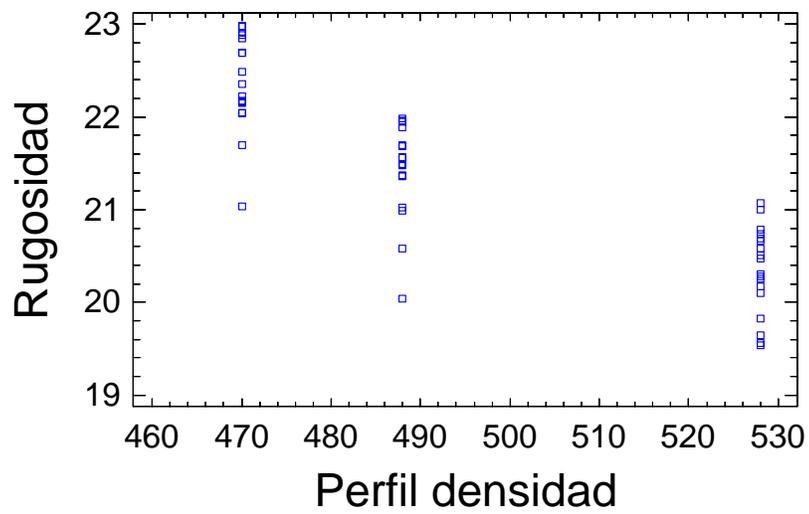


Probeta 3995

Humectación vs Perfil densidad

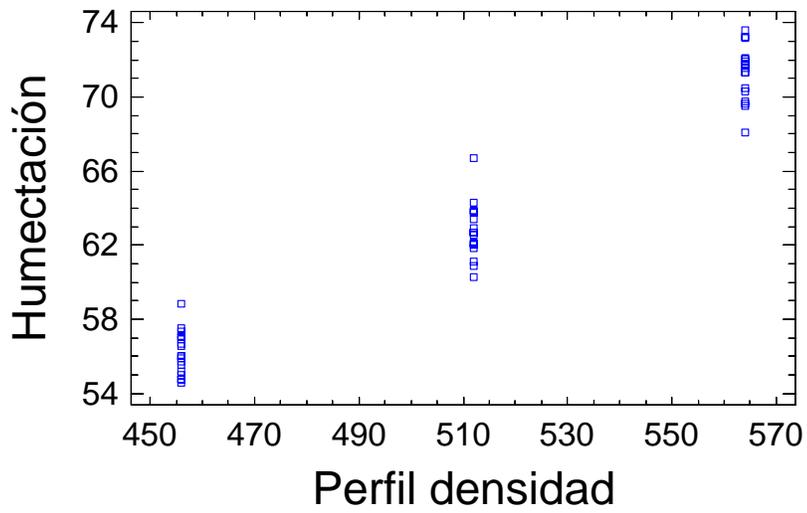


Rugosidad vs Perfil densidad



Probeta 4073

Humectación vs Perfil densidad



Rugosidad vs Perfil densidad

