

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DEL EQUIPO DE CUANTIFICACION DE LA FUERZA DE ADHERENCIA
PARA UN LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE UNA FABRICA DE ADHESIVOS.

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA

POR

SERGIO LEONEL ECHIGOYEN VASQUEZ

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO

UNIVERSIDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

GUATEMALA, MARZO DE 1996

08

T(3700)

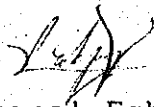
C.4

Honorable tribunal examinador

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

Diseño del equipo de cuantificación de la fuerza de adherencia para un laboratorio de control de calidad de una fabrica de adhesivos.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de: Ingeniería Química.



Sergio Leonel Echigoyen Vásquez

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERIA

Miembros de la junta directiva

Decano	Ing. Julio Ismael González Podszueck
Vocal 1o.	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
Vocal 2o.	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
Vocal 3o.	Ing. Juan Adolfo Echeverria Méndez
Vocal 4o.	Br. Fernando Waldemar de León Contreras
Vocal 5o.	Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor
Secretario	Ing. Francisco Javier González López

Tribunal que practico el examen

general privado

Decano	Ing. Jorge Mario Morales
Examinador	Ing. Otto Raúl de León de paz
Examinador	Ing. Julio Alberto Rivera Palacios
Examinador	Ing. Alberto Arango Siekavizza
Secretario	Ing. Edgar Aurelio Bravatti Castro

Guatemala 8 de Octubre de 1,995

Dr. Adolfo Gramajo
Director de Escuela de Ing. Química
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Estimado Dr. Gramajo.

Por este medio me complace saludarle, al mismo notificarle que he revisado el trabajo de Informe final de tesis del Sr. Sergio L. Echigoyen.

Una vez realizada la revisión y participado como asesor, he encontrado el trabajo satisfactorio para su aprobación y por lo tanto sugiero se autorice la misma, sin otro particular se despide,

Atentamente,



Ing. Qco. Miguel Angel Durán A.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 18 de marzo de 1,996

Doctor
Adolfo Gramajo
Director Escuela Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente.

Doctor Gramajo.

Por medio de la presente me permito hacer de su conocimiento, que he revisado el Informe Final de Tesis del estudiante Sergio Leonel Echigoyen Vasquez, titulado: **DISEÑO DEL EQUIPO DE CUANTIFICACION DE LA FUERZA DE ADHERENCIA PARA EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE UNA FABRICA DE ADHESIVOS**, de la cual dejo constancia de mi aprobación a la misma, para proceder a la autorización del respectivo trabajo.

Agradeciendo la atención que se sirva dar a la presente le saludó,

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio Chávez Montúfar
REVISOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

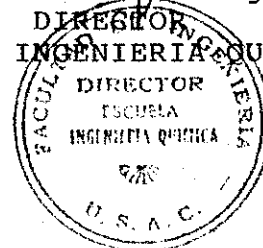
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Revisor al traajo de tesis titulado: **DISEÑO DEL EQUIPO DE CUANTIFICACION DE LA FUERZA DE ADHERENCIA PARA EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE UNA FABRICA DE ADHESIVOS**, del estudiante **Sergio Leonel Echigoyen Vasquez**, recomienda la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Dr. Adolfo Gramajo

DIRECTOR
ESCUELA INGENIERIA QUIMICA



Guatemala, 18 de marzo de 1,996.



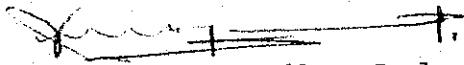
FACULTAD DE INGENIERIA

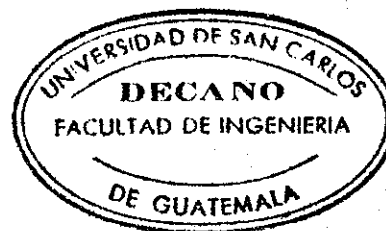
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, Dr. Adolfo Gramajo, al trabajo de tesis titulado: **DISEÑO DEL EQUIPO DE CUANTIFICACION DE LA FUERZA DE ADHERENCIA PARA EL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE UNA FABRICA DE ADHESIVOS**, presentado por el estudiante Sergio Leonel Echigoyen Vasquez, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:


Ing. Julio Ismael González Podszueck
DECANO



Guatemala, 18 de marzo de 1,996.

Dedicatoria

A Dios

A mi padre

Luis Felipe Echigoyen
(que en paz descanse)

A mi madre

Lilean Vásquez de Echigoyen

A mi hermano

Carlos Enrique Echigoyen V.

Indice

Descripción	pagina
Glosario.	1
Sumario.	9
Introducción.	10
1o. Definición de adhesivos.	12
2o. Historia.	13
3o. Tipos de adhesivos.	16
3.1 Aplicación y fijación.	
3.2 Origen.	
3.3 Curado, solubilidad, cadenas cruzadas.	
3.4 Costos.	
4o. Adaptación del adhesivo al adherente.	27
5o. Enlaces quimicos entre adherente y adhesivo.	30
5.1 Enlaces primarios.	
5.2 Enlaces secundarios.	
6o. Proceso de fabricación.	33
6.1 Molido.	
6.2 Disolución directa.	
7o. Control de calidad de adhesivos.	36
8o. Desventajas del método actual de pegado.	41
9o. Base para la construcción del medidor de pegado o "Adhesímetro".	42

Indice

Descripción	pagina
10o. Fundamentos de diseño para la construcción del "Adhesímetro".	43
11o. Análisis de fuerzas en el sistema.	47
12o. Listado de accesorios y dimensiones.	48
Resultados:	
I. Calibración del adhesímetro.	51
II. Guía de diseño.	61
III. Manual de operaciones del adhesímetro.	64
Discusión de resultados.	66
Conclusiones.	72
Recomendaciones.	73
Anexos (Esquemas y planos).	74
Anexos (Tablas).	80
Bibliografía.	98

Glosario

Adherente

Un cuerpo que es sostenido junto, por medio de un adhesivo.

Adhesión

El estado en el cual dos superficies son sostenidas juntas por fuerzas interfaciales, las cuales pueden consistir de fuerzas de valencia o por la acción de anclaje, o ambos.

Adhesión específica

La adhesión entre superficies que se sostuvieron juntas por fuerzas de valencia del mismo tipo, las cuales dan alta cohesión.

Adhesión mecánica

La adhesión entre superficies en el cual el adhesivo sostiene las partes juntas por acción de anclaje.

Adhesivo

Una sustancia capaz de sostener materiales juntos por enlace de las superficies.

Nota. Adhesivo es un término general e incluye entre otros cemento, pegamento, goma, mucilago y pasta.

Adhesivo hot-melt

Un adhesivo que es aplicado en estado hirviendo y forma una unión al enfriarse pasando al estado sólido.

Adhesivo presión sensitiva

Un material viscoelástico, el cual se encuentra libre de solventes y permanece con tack indefinidamente. Tales materiales se adhieren instantáneamente a la mayoría de superficies sólidas con muy poca presión.

Agente de curado

Vea Endurecedor.

Angstrom

(A) Unidad de longitud igual a 10^{-8} cm.

Cemento

Vea adhesivo.

Consistencia

La propiedad de un adhesivo líquido en cual tiende a resistir a la deformación.

Nota. Consistencia no es una propiedad fundamental, pero esta incluye viscosidad, plasticidad y otros fenómenos.

Contenido de sólidos

El porcentaje en peso del material no volátil en un adhesivo. El porcentaje de material no volátil en un adhesivo variará considerablemente de acuerdo con procedimientos

analíticos que son usados. Un examen estándar debe ser usado para obtener resultados consistentes.

Curado

Para cambiar las propiedades físicas de un adhesivo por medio de reacciones químicas, las cuales pueden ser por condensación, polimerización o vulcanización, comunmente acompañado por calor o un catalizador, solos o en combinación con o sin presión.

Diluyente

Un ingrediente generalmente agregado a un adhesivo para reducir la concentración de materiales encadenados.

Dispersión de adhesivos

Un sistema de dos fases en la cual una fase está suspendida en un líquido.

Encadenar

Unir materiales por medio de un adhesivo.

Encadenamiento

Es la unión de materiales por medio de adhesivo

Endurecedor

Una sustancia o mezcla de sustancias agregadas a un adhesivo para promover o controlar la reacción de curado tomando parte en él. El término es también usado para designar una sustancia agregada para controlar el grado de

dureza de la película curada.

Extensor

Una sustancia que tiene alguna acción adhesiva y que es agregado a un adhesivo para reducir la cantidad de enlaces primarios requeridos por unidad de área.

Fuerza de encadenamiento

La unidad de carga aplicada en forma de tensión, compresión, doblamiento, corte, impacto o desunión requerida para romper un ensamble hecho con adhesivos con la ocurrencia de una falla, cerca del plano del encadenamiento

Goma

Cualquier clase de sustancias coloidales exudadas por o preparadas a partir de la humedad de las plantas. Compuestos de carbohidratos complejos y ácidos orgánicos que son solubles en agua.

Inhibidor

Una sustancia que disminuye una reacción química. Los inhibidores son algunas veces usados en ciertos tipos de adhesivo, para prolongar el tiempo de vida o de almacenamiento.

Junta

Es la localización en el cual dos adherentes son sostenidos juntos con una capa de adhesivo.

Línea de pegado:

Son las capas de adhesivos, las cuales atan dos adherentes.

Modificador

Cualquier ingrediente inerte agregado a una formulación de adhesivos para cambiar sus propiedades.

Monómero

Relativamente es un compuesto simple que puede reaccionar para formar un polímero.

Mucílago

Un adhesivo preparado de goma y agua. También en sentido general, es un adhesivo líquido que tiene baja fuerza de anclaje.

Pegamento

Originalmente, una gelatina dura obtenida de tendones cartilagos, huesos de animales, etc. También es un adhesivo preparado de estas sustancias por medio de calentamiento con agua. A través del uso general, este término es sinónimo con el término adhesivo.

Penetración

Se refiere a cuánto penetra un adhesivo dentro de un adherente. Esta propiedad del sistema es medido por la profundidad de penetración de un adhesivo dentro de un adherente.

Permanencia

Es la resistencia de un enlace hecho por un adhesivo a las influencias que pudieran deteriorarlo.

Plasticidad

Es la propiedad de un adhesivo que permite al material de ser deformado continuamente y permanentemente sin romper la unión.

Polímero

Un compuesto formado por la reacción de una molécula simple que tiene un grupo funcional, el cual permite su combinación para procesar una molécula de alto peso molecular bajo condiciones controladas. Los polímeros pueden ser formados por polimerización (polimerización por adición) o policondensación (polimerización por condensación).

Cuando dos o más monómeros se involucran el producto, se llama copolimerización o heteropolimerización.

Preparación de superficie

Una preparación de un adherente física y/o química para tener una mejor adhesión.

Relleno

Una sustancia relativamente no adhesiva que le dan a un adhesivo propiedades de trabajo, permanencia, fuerza u otras cualidades.

Resina

Un material orgánico sólido, semisólido o pseudosólido que tiene un indefinido y frecuentemente alto peso molecular y exhibe una tendencia a fluir cuando está sujeto a fuerzas. Generalmente tiene un bajo rango de liquefacción.

Sellac

ES un tipo de resina natural, y es esta una de las más antiguas, que se han usado en en el área de adhesivos.

Sustrato

Un material al cual sobre su superficie se aplica una sustancia adhesiva para cualquier propósito; un sinónimo de esto es adherente.

tack

La propiedad de un adhesivo de formar anclaje de fuerza medible inmediatamente, después de que un adhesivo y un adherente se dejan en contacto bajo poca presión.

Termoplástico

Sustancias que son capaces de ablandarse por medio de calor y endurecerse una vez que se ha enfriado.

Termofusible

Sustancias que sufren reacciones químicas por medio de calor catalizadores, luz ultravioleta, etc. se queda la sustancia en un relativo estado de infusibilidad.

Thinner

Un líquido volátil agregado a un adhesivo para modificar la consistencia u otras propiedades.

Vida de almacenamiento

El periodo de tiempo durante el cual un adhesivo almacenado bajo específicas condiciones de temperatura y siempre en condiciones de uso.

Sumario

Se realizó una investigación bibliográfica y de campo sobre la construcción del equipo de cuantificación de la fuerza de adherencia para un laboratorio de control de calidad de una fábrica de adhesivos.

Su diseño, construcción y calibración fueron evaluados económicamente comprobando que el costo total es menor que el costo de un equipo importado.

En la etapa de calibración, se evaluó el comportamiento de la fuerza de adherencia; esto se realizó en dos fases.

La primera fase se evaluó haciendo uso de muestras producidas a nivel de laboratorio con propiedades controladas tales como tiempo abierto, tiempo de secado, viscosidad y porcentaje de sólidos.

En la segunda etapa, se evaluó con muestras provenientes de producción, determinando la repetitividad de resultados y validez de los mismos, estableciendo que dicho equipo es lo suficientemente confiable para que sea incorporado en un programa de control de calidad.

Introducción

En la industria mundial, actualmente se le está dando importancia especial al control de la calidad, de todo lo que se fabrica. Un laboratorio de control de calidad debe contar con personal calificado, recursos económicos, técnicos capaces y por supuesto equipos de análisis que sean capaces de evaluar todas las propiedades del producto que puedan alterar la calidad con que dicho producto sale a la venta.

En la industria nacional, los equipos de laboratorio son importados, con costos elevados y molestos trámites de transporte o en otros casos si el producto es único de cierta región no existe un equipo para la evaluación de las propiedades específicas del producto. Tampoco existen laboratorios de referencia para el área de adhesivos.

Una opción para esta situación es el diseño, construcción y calibración de los equipos por técnicos e ingenieros usando tecnología propia.

Un diseño bien estudiado y una hábil construcción no implica un equipo confiable. El equipo debe calibrarse antes de usarlo, evaluando la propiedad que analiza con todas las demás que puedan influirla. Parte de la calibración es la evaluación del equipo con muestras de producción antes de que se implemente en un programa.

Se diseñó un equipo para evaluar la fuerza de adherencia de una gran variedad de adhesivos (curados por evaporación), se basó en superficies homogénea de pegado y suponiendo que la fuerza de adherencia es equivalente a la fuerza producida por el peso. Se construyó, se calibró, se factibilizó, y se implemento en el programa de control de calidad de una fábrica de adhesivos.

El siguiente trabajo tiene la finalidad de dar a conocer los fundamentos de diseño de equipo de laboratorio de control de calidad, enseñando los métodos necesarios para poder calibrar un equipo nuevo, además de adquirir fundamentos sobre la industria de adhesivos y tener un equipo que sea capaz de cuantificar la fuerza de adherencia, en la prueba de pegado.

El diseño, construcción y calibración del equipo de cuantificación de la fuerza de adherencia para el laboratorio de control de calidad de una fábrica de adhesivos es un paso para motivar a técnicos e ingenieros a desarrollar su capacidad inventiva y no depender siempre de la tecnología extranjera.

El equipo de cuantificación de la fuerza de adherencia aportará valores numéricos de la propiedad de capacidad de pegado de un adhesivo al Departamento de Control de Calidad en la industria de adhesivos, para obtener más seguridad en la calidad con que se obtendrá el producto.

10. Definición de adhesivos

Los adhesivos son sustancias capaces de mantener materiales unidos mediante la adherencia de superficies.

Adhesivo es un término general e incluye otros productos comunes como: cemento, goma, mucilago y pastas. Todos estos términos son usados indistintamente. Varios adjetivos descriptivos son aplicados al término adhesivo para indicar ciertas características como las siguientes:

- (1) Forma física, por ejemplo; adhesivo líquido, cinta adhesiva.
- (2) Tipo químico, como en el caso de adhesivos de silicato, adhesivos de resina, etc.
- (3) Materiales que se van unir, adhesivos para papel, adhesivos para metal-plástico, adhesivos para etiquetas de envases, etc.
- (4) Condición de uso; se pueden citar los adhesivos de fijación mediante calor.

En otras palabras, los adhesivos son aquellas sustancias que tienen la propiedad de poder unir superficies sin requerir medios mecánicos, los cuales pueden ser líquidos o sólidos y se utilizan ya sea para pegar materiales con superficies específicas y/o diferentes.

[14, pag 72]

2o. Historia.

Los adhesivos fueron utilizados de una manera sofisticada desde la antigüedad.

Esculturas en Tebas que datan de hace 3,300 años atrás, describen el pegado de una pieza delgada de capas para que diera la apariencia de un tablón de Sicomoro. El recipiente de pegamento y la brocha se muestran en la escultura.

Todavía en años más recientes en el palacio de Knossos en Creta la cal húmeda fue el amarre para la greda, óxido de hierro y pigmento azul de cobre con lo que las paredes fueron pintadas.

Los egipcios utilizaban goma arábiga de árbol de la acacia, huevos, bálsamo semilíquido y resinas de los arboles. Los ataúdes de madera fueron decorados con pigmentos adheridos con "gesso" una mezcla de greda y goma.

Los papiros fueron fabricados más recientemente con cañas de 12 a 20 pies de alto y 3 pulgadas de diámetro. Estos eran cortados en rebanadas, colocados lado a lado y luego trillados con un mazo. Después éstos eran untados en la superficie con pasta de flúor y las rebanadas frescas de caña se cortaban a ángulos rectos y entonces el trillado se repetía. El papiro final resultaba de color castaño.

En Génesis se puede leer del Lágamo (betún) que era el mortero preferido de los constructores de la torre de Babel.

El betún y los árboles de durazno fueron los selladores para recipientes usados en el mediterráneo.

Recordando a Pliny, los romanos calcaban sus barcos con alquitrán de madera de pino y cera de abeja.

Anticipadamente al laminado, Pliny describe la aplicación de hojas de oro al papel con clara de huevo.

Se ha aprendido también que los romanos igual que los ancianos chinos hacían "cal de pajan", un adhesivo del jugo del muérdago con lo cual ellos untaban ramas para cazar pequeñas aves.

Los pegamentos de pescado, cuernos de ciervo y queso fueron conocidos en los días de Theofilus para la fijación de objetos de madera.

A excepción de la introducción del caucho y cemento de peroxilina durante cientos de años, la tecnología de los adhesivos no había avanzado mucho, sino hasta después del siglo XX.

En estas últimas décadas, los adhesivos naturales han sido mejorados y una pequeña parte de los sintéticos han nacido en los laboratorios.

[11, pag 4]

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

30. Tipos de adhesivos

Los adhesivos pueden ser clasificados en varias formas: por su modo de aplicación y fijación, por su composición química y propiamente por el tipo de adherentes y producto terminado.

3.1. Aplicación y fijación.

Los adhesivos deben ser aplicados al sustrato en forma fluida para humectar la superficie completamente y no dejar vacíos, aun cuando la superficie sea rugosa. Consecuentemente el adhesivo debe tener baja viscosidad en el momento en que se aplique. Sin embargo, para desarrollar alta fuerza de adherencia el adhesivo debe fijarse. En una unión realizada con un adhesivo orgánico, las últimas capas son ya sea solubles (generalmente de materiales termoplásticos y fusibles de extremadamente alta viscosidad o un caucho) o resinas termofijas de cadena cruzada e infusibles.

La transición del estado fluido al estado sólido puede ser realizado de diversas maneras:

3.1.1 Enfriamiento de un termoplástico. Los termoplásticos se ablandan y derriten cuando son calentados, y se endurecen de nuevo cuando se enfrían. El calentamiento debe ocasionar alta fluidez, lo sufi-

ciente para poder humectar el sustrato completamente.

Los termoplásticos pueden ser aplicados sobre un sustrato por varias técnicas:

de hot-melt,
como un polvo,
por extrusión,
de solventes o látex seguido por secado y
enfriado. (11, pag 12)

Por conveniencia, "*hot-melt*"*1 frecuentemente denota un material de peso molecular bajo, y menor viscosidad que un termoplástico.

La capa ya fría no tiene "*tack*"*1; los sustratos pueden ser apilados y almacenados para un uso futuro, donde tendrán que ser calentados para reactivar el adhesivo. Alternativamente las uniones son hechas inmediatamente después de la aplicación en el caso de hot-melt, polvo o aplicaciones por extrusión. Estos procedimientos ofrecen mejores razones de producción, ya que el enfriamiento de un hot-melt es más rápido que la evaporación de solventes o fijación química.

Papel, cartón y celofán para empaques de alimentos son ejemplos de los tipos de aplicación de adhesivos termoplásticos. En aplicaciones por extrusión con polietileno,

*1 Mayor información del concepto en el glosario, pag 1.

están los envases para leche y botellas multiparedes, que también es posible realizarlo por medio de látex o aquellos con evaporación de solventes o agua.

Donde la resistencia a la humedad no es necesaria como en el sellado de cajas para contener envases, una reducción en el costo es dado por la utilización de adhesivos en polvo. Tales resinas como acrílicos y copolímeros vinílicos aumentan la velocidad de producción.

3.1.2 Liberación de solventes o portadores. Las soluciones y látexes contienen la composición del adhesivo en una mezcla de agua o solventes orgánicos. Estos líquidos son suficientemente bajos en viscosidad como para permitir la humectación del sustrato. Una vez que estos han sido aplicados, deben ser removidos. Sustratos porosos como el papel permiten al líquido salir fuera de las capas de pegamento. Si ambos adherentes son impermeables, es necesario que se evapore el agua o los solventes antes que las superficies se unan. Esto disminuye la razón de producción. Esta es la mayor desventaja de las aplicaciones de los adhesivos en solución o látex.

En adición a que los solventes orgánicos, pueden ser indeseables debido a su toxicidad, costo, inflamabilidad y tendencia a la polución. Sin embargo, su excelente

característica de humectación más la aplicabilidad a bajas temperaturas y su alto cubrimiento les dan su importancia en la industria mundial.

La concentración de sólidos de una solución queda en la capa final hasta un 30% en solventes orgánicos y es aun mayor para los que usan agua como solvente. Estos se utilizan en una gran variedad de aplicaciones por ejemplo, en la aplicación de papel con las máquinas de alta velocidad. (11, pag 14)

3.1.3 Polimerización in situ. Este es un grupo de agentes enlazantes que vino a ser el mayor avance en el progreso de la tecnología de los adhesivos. Todas las resinas termofijables se clasifican dentro de este encabezado incluyendo aquellas que primero son aplicados al sustrato en forma de solución. Esta categoría también incluye elastómeros que son vulcanizados para desarrollar alta fuerza de cohesividad. En adición a esto, algunos monómeros del tipo vinil, especialmente los metilmetacrilatos, esteres cianoacrilatos y el dimetacrilato son polimerizados in situ.

La ventaja principal de estos adhesivos sobre los adhesivos de base solvente es que la fuerza puede ser desarrollada en la línea de pegado después que los dos

adherentes se hayan juntado. producciones más rápidas, bajos costos, y enlaces más fuertes pueden resultar de la eliminación de solventes. Los adhesivos de reacción-sensitiva caen dentro de estos dos grupos:

3.1.3.a Aquellos formados por condensación, generalmente con agua como subproducto. Este grupo incluye las resinas fenólicas y las resinas amino, las cuales son las más antiguas de todas los adhesivos sintéticos.

3.1.3.b Aquellos formados por adición de polimerización sin formación de subproductos. Este grupo tiene la mayoría de interesantes adhesivos nuevos incluyendo poliésteres, epóxicos, uretanos, ciano-acrilatos, polímeros anaeróbicos y radiocurables.

Cuando una unión es realizada con adhesivos del grupo 3.1.3.a, es necesario aplicar presión para anular la destructiva influencia del agua u otros solventes volátiles como subproductos. En el grupo 3.1.3.b, pueden ser curados con solamente la presión del contacto. Esto es especialmente ventajoso cuando se preparan grandes superficies y no se pueden colocar en prensas.

Algunos de los adhesivos curados requieren calor para reaccionar; otros reaccionan a la temperatura ambiente con la ayuda de catalizadores y en algunos casos con activación

por luz. De nuevo esto es ventaja para formar una unión sin necesidad de un horno. Ejemplos de este grupo se tienen el formaldehído resorcínol, poliéster insaturado, metil metacrilato, cianoacrilato, epóxicos y uretanos. La reacción de polimerización es generalmente exotérmica habiendo un calentamiento de la línea de pegado a la temperatura ambiente.

Los adhesivos anaeróbicos se desarrollaron en años recientes, tal como el dimetacrilato que cura rápidamente cuando el aire es excluido, y es ampliamente utilizado en el ensamblado de metales.

3.3.4 adhesivos presión-sensitiva. Estos adhesivos son diferentes a las otras clases; éstos no sufren incremento en viscosidad, y se mantienen en el estado intermedio de tack. La aplicación más conocida y popular de este tipo es la cinta adhesiva o tape. (11, pag 25)

3.2. Origen

Los adhesivos orgánicos y semiorgánicos pueden ser clasificados de acuerdo con su origen como:

3.2.1 Naturales: Almidón, dextrinas, asfaltos, proteína animal o vegetal, caucho natural y "sellac".

3.2.2 Semisintéticos: nitratos de celulosa y otros celulósicos, poliamidas derivados del ácido dimero y aceite de castor basado en poliuretanos.

3.2.3 Sintéticos:

(a) Polímero tipo vinil de adición ya sea resinas o elastómeros: polivinil acetato, alcohol polivinílico, acrílicos, poliéster insaturado, crinitrilo, butadieno, estireno, neopreno, caucho butílico y poliisobutileno.

(b) Polímero formado por condensación y otro tipo de mecanismos: epóxico, poliuretanos, caucho polisulfidos y la reacción de productos de formaldehído con fenol, resorcinol, urea y melamina.

(15, pag 1)

3.3. Curado, solubilidad, cadenas cruzadas.

Alternativamente los adhesivos pueden ser categorizados de acuerdo con la solubilidad y fusibilidad de la línea de pegado final:

3.3.1 Soluble incluyendo termoplásticos (solubles y fusibles), almidón, derivados del asfalto, algunas proteínas, celulosas, viniles y algunos acrílicos.

3.3.2 Cadena cruzada (insoluble e infusible) fenol y resorcinol-formaldehído, urea y melamina, formaldehído, epóxicos, poliuretanos, caucho vulcanizado, sintético y natural, anaeróbicos y poliéster insaturado.

El término termofijable ha sido usado tradicionalmente por composiciones de cadena cruzada inclusive cuando ellos no requieren elevadas temperaturas para iniciar la reacción química.

La cadena cruzada puede involucrar la reacción de dos intermediarios químicamente diferentes.

- (a) Formaldehído condensado con fenol, resorcinol.
- (b) Formaldehído condensado con melamina, urea.
- (c) Isocianato reaccionado con poliox para dar poliuretano.
- (d) Epóxico reaccionado con amino primario o poliamida-amina
- (e) Poliéster insaturado copolimerizado con estireno.
- (f) Caucho dieno sulfur-vulcanizado.

Las cadenas cruzadas pueden también formarse entre moléculas de simple espacio por ejemplo.

(a) Epóxico catalizado por terciari-amina.

(b) Dimetacrilato compuesto anaerómicamente, así que se polimeriza cuando el aire es excluido.

(c) Caucho vulcanizado con peróxido.

3.4o. Costos.

Desde 1,973, los adhesivos y sus polimeros han aumentado el precio en el mercado. Este aumento no es tan severo como en el caso de la industria petrolera. En la tabla #0, se puede ver la clasificación de costos en dólares por libra dado como índice de precio.

(La razon al precio del acetato polivinílico, cuya base es de una libra seca.) (11, pag 10).

Tabla #0

Clasificación (11, pag 6-40)	Índice de precio
Resinas sintéticas	
Acetato polivinílico	1.00
Alcohol polivinílico	1.60
Butiral polivinílico	5.00
Pvc y copolímeros	1.40
Acrílicos	1.90
Cianoacrilatos	400.00
Anaeróbicos	100.00
EVA	1.60
Polietileno	0.90
Polietileno terftalato	5.00
Nylon	8.00
Fenol formaldehído	0.70
Urea formaldehído	0.30
Hule sintético	
SBR	1.00
Hule de nitrito	2.40
Neopreno	2.50
Butil	1.40
Silicón	8.00
Resinas de bajo peso molecular	
Rosin	0.70
Rosin éster	1.40
Politerpenos	1.70
Polímeros naturales derivados	
Almidón	0.30
Dextrina	0.50
Caseína	3.00
Hule natural	0.90
Inorgánicos	
Silicato de sodio	0.50

Tabla #0 (Continuación)

Clasificación (11, pag 6-40)	Índice de precio
Solventes, plastificantes, humectantes y ceras	
Heptano	0.15
Mineral Spirit	0.17
Tolueno	0.15
Acetona	0.30
Metil etil cetona	0.50
Diocil phtalato	0.60
Tricresil fosfato	1.70
Glicerol	1.00
Etilen glicol	0.50
Cera parafina	0.30
Rellenos, aditivos, sólidos	
Caolín	0.05
Bentonita	0.04
Silica	0.10
Oxido de zinc	0.80
Oxido de magnesio	1.10

4o. Adaptación del adhesivo al adherente

El adhesivo y el adherente deben ser compatibles, si ésta es la unión final.

Cuando dos materiales son unidos, el sistema formado tiene como mínimo 5 elementos:

Adherente#1/intercara/adhesivo/intercara/adherente #2
La fuerza de la junta del adhesivo será la fuerza de sus miembros débiles. Si uno de los adherentes es papel, la aplicación de fuerza excesiva ocasionará un "rompimiento del papel." Con sustratos fuertes sin embargo, la falla será ya sea *adhesiva* en la intercara o *cohesiva* dentro del pegamento. (Ver figura #1, anexos [esquemas y planos] pag 74.)

La falla no será en la intercara, si la superficie del adherente ha sido propiamente preparada y el adhesivo humecta al adherente de forma apropiada. En otras palabras, la adhesión entre el pegamento y el sustrato debería ser mayor que la cohesión en la línea de pegado.

Esto ocurrirá si en la combinación de adherente y adhesivo hay una disminución en la energía libre, y que no se produzca excesiva tensión cuando el adhesivo se está fijando.

Por último, considérese como primer requerimiento que los adhesivos generalmente encogen cuando endurecen, (a excepción de los cementos inorgánicos). En la polimeriza-

ción y pérdida de solventes, aun el enfriamiento de hot-melt puede causar contracción en la línea de pegado. Estas tensiones inducen al adhesivo a halar hacia afuera del sustrato. Además de esto, las tensiones son producidas cuando la junta del adhesivo es flexionada. Para corregir estas fallas se recomienda lo siguiente:

- 1o. Elegir resinas de bajo encogimiento por ejemplo epóxicos, mejor si se trata de un poliéster insaturado.
- 2o. Elegir adhesivos que sean menos rígidos que el adherente; de otra manera, la flexión causará una concentración de presión en la línea de pegado. (Sin embargo, la flexibilidad excesiva en el adhesivo puede ser acompañado por baja fuerza de cohesividad).
- 3o. Mantener la línea de pegado lo más delgado como sea posible y consistente en la superficie del adherente; si las presiones son principalmente tensionadas. Si se trata de adherentes porosos, requieren que la aplicación de suficiente adhesivo evite "una línea de pegado pobre". Si la junta es expuesta a una considerable presión, la línea de pegado deberá ser bastante espesa.

4o. Incorporar inertes preferiblemente rellenos inorgánicos.

5o. Después de aplicar el adhesivo a un sustrato impermeable el agua o solventes orgánicos, deberán ser evaporados antes de unirlo con otro adherente.

(11, pag 11 y 14, pag 3).

5o. Enlaces químicos entre adherente y adhesivo.

5.1 Enlaces primarios.

Incluye enlaces electrovalentes, covalentes y enlaces metálicos.

Electrovalentes o heteropolares: estos enlaces pueden ser un factor importante en los adhesivos de proteínas.

Enlaces covalentes u homopolares pueden ejecutar una parte en algunos finísimos tratamientos para fibra de vidrio. Los enlaces metálicos están formados por una conveniente soldadura y bronceado. Los materiales inorgánicos para estos propósitos son esencialmente adhesivos termoplásticos de alta temperatura.

5.2 Enlaces secundarios.

Los más importantes enlaces en las uniones de los adhesivos son los secundarios o enlaces de Van Der Wall, que dan una gran atracción entre moléculas.

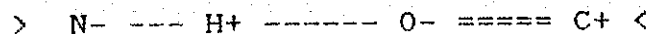
Los más significativos de estos son las fuerzas de dispersión de London. Estas fuerzas son las responsables de la mayoría de las cohesiones molares de polímeros no polares tal como el polietileno, caucho natural, SBR y cauchos de butilos.

Estas fuerzas actúan a una distancia de aproximadamente 4 "angstrom" y caen rápidamente a razón de la potencia 6a. de la distancia entre átomos.

Consecuentemente, las moléculas deben estar íntimamente próximas para que las fuerzas de London sean efectivas. Esto ayuda a explicar por qué las moléculas muy flexibles tal como el caucho natural que son mejores adhesivos que uno de moléculas moderadamente flexibles, como el poliestireno.

Un módulo bajo indica libertad de rotación de submoléculas que permiten al adhesivo conformarse al adherente. Esto es ventajoso para la adhesión.

La interacción de dipolos permanentes resulta en enlaces fuertes, especialmente si el dipolo positivo es un átomo H⁺; el puente de hidrógeno tipificado es el siguiente:



Este enlace es utilizado por muchos adhesivos, tal como el almidón y dextrina, alcohol polivinílico, acetato polivinílico, nitrato de celulosa, fenólicas y epóxicos.

Todos estos adhesivos contienen hidrámilos alifáticos y fenólicos.

Entonces, la adhesión es causada por grandes campos de fuerza de atracción que emanan de la superficie de los constituyentes de cada sólido y líquido, y este campo de fuerza varía inversamente proporcional a la 7a. potencia de la distancia de cada átomo en la superficie del sólido.

Una capa delgada de óxido o de un contaminante orgánico puede disminuir grandemente la adhesión del sólido.

(8, pag 1)

En resumen, las fuerzas de atracción de las moléculas son las encargadas de mantener unidos los adherentes a los cuales se ha aplicado un adhesivo.

[anexo (esquemas y planos), figura #1, pag 741.

6o. Proceso de fabricación.

Los métodos tradicionales de preparación de pegamentos basados en adhesivos en solución es el molido o masticado de polímeros. Este es disuelto y la resina entonces es agregada directamente o en una solución separada, por ejemplo, en el caso de la prerreacción (5, pag 11). La disponibilidad de mejores materias primas y debido a mejor agitación y mejores mezcladores de cizalla se ha conducido a técnicas de disolución directa.

6.1 Molido:

El propósito primario de la molienda es el rompimiento del gel en el polímero, mediante el mejoramiento de la consistencia de las fisuras en la solución. Por la incorporación de antioxidantes y toda o parte de los óxidos metálicos la dispersión es mejorada principalmente para optimizar la resistencia a la separación de fases y sedimentación en el adhesivo final.

Durante el molido los rodillos, deben ser mantenidos fríos (50 grados centígrados), para no quemar el polímero.

La viscosidad del polímero como materia prima declinará radicalmente al ser molido. Las hojuelas del polímero molido son cortadas en piezas de tamaño conveniente por atomización o granulación y entonces se disuel-

ven en solventes en un dispersor enchaquetado (un recipiente encerrado con una serie de paletas rotatorias) o mezcladores de alta velocidad.

Los adhesivos preparados con el polímero molido versus polímero no molido, muestran las siguientes propiedades.

Mucha más baja viscosidad.

Menor tendencia a la separación o sedimentación.

Mejor brochabilidad con menor tendencia al fibramiento.

Atomización mejorada.

Mejor penetración del adhesivo dentro de muchos sustratos.

(5, pag 12)

6.2 Disolución directa.

La disolución directa tiene la ventaja de un menor costo sobre el material molido y sin aumento en la productividad. Dos métodos básicos existen:

Primero, el método clásico de bajo costo en el cual el polímero seco junto con antioxidantes, óxidos metálicos y resinas, que son todas agregadas directamente al solvente en el dispersor y se le provee moderada agitación a los materiales hasta que se disuelven.

Los adhesivos preparados en esta forma tienen las características siguientes relativos a los materiales molido-mezclados.

Alta fuerza de enlace.

Alta viscosidad.

Pobre brochabilidad debido a la gelación.

Mayor tendencia a la separación y sedimentación.

La segunda técnica generalmente referida a mezclado de alto costo y que produce un intermedio del adhesivo entre lo obtenido por disolución directa en un agitador y un molino mezclador.

En este equipo, los ingredientes y la solución son agitados a alta velocidad bajo condiciones elevadas de corte usando, por ejemplo, un disco circular con una hoja en forma de sierra.

Usando este tipo de equipo el ciclo de disolución, se reduce de la duración normal que es de 3 a 8 horas a menos de 1 hora. (5, pag 13)

7o. Control de calidad de adhesivos.

7.1 Propiedades.

Hay un número de factores generales que requieren consideración en la evaluación de un adhesivo. Estos factores pertenecen a la conducta de un adhesivo desde el tiempo en que el adhesivo es fabricado, hasta el momento en que el último enlace es completado. Estos son comúnmente referidos a propiedades de trabajo e incluyen características tales como viscosidad o consistencia, vida de almacenamiento, vida de trabajo, cubrimiento, bloqueo, tack, penetración y razón de curado o razón de fuerza desarrollada. Su importancia parece aparente, cuando uno busca obtener el mismo adhesivo de un lote a otro respecto a éstas propiedades físicas y de aplicación.

Varios métodos de análisis estándar son disponibles para obtener esta información. A menos que se especifique otro parámetro, las condiciones atmosféricas en el laboratorio serán de 25 grados centígrados y 50 ± 4 % de humedad relativa.

7.1.1 Consistencia (viscosidad).

Los materiales de los adhesivos no son simples fluidos. En general, ellos consisten de polímeros, generalmente en solventes y frecuentemente compuestos de polvos de diferentes propiedades físicas y químicas.

Esto no es sorprendente, ya que los adhesivos no exhiben flujo newtoniano y la caracterización de propiedades reológicas de adhesivos requieren más que una medida.

Para caracterizar completamente las propiedades reológicas de un adhesivo no-newtoneano para propósitos prácticos es necesario plotear curvas de la razón de tensión vrs tensión de corte y tensión tixotrópica de corte vrs tiempo a varias temperaturas y grados de curado.

Este es un trabajo tedioso y largo que no será práctico para fines de control de calidad del producto, por lo que se tienen dispositivos que son flexibles en su operación y adaptables a una amplia gama de medidas.

Equipos como viscosímetros, spindles, discos, t-barra (brookfield, sincroeléctric) o cilindros coaxiales (ferranti). (7, pag 33-36). son los más utilizados para determinar esta propiedad.

Los métodos estándar usados son:

D-2556	*1
D-1084	*1

*1 Consiste en el conjunto de métodos aprobados por la ASTM. (ref 4)

7.1.2 Tiempo de almacenamiento.

Cuando un adhesivo es almacenado por un corto tiempo, bajo condiciones extremas, las propiedades físicas y químicas pueden cambiar. Existiendo un equivalente de tiempo, 50 grados centígrados y 30 días representan de 6 meses a 1 año en condiciones normales.

D-1337 *1

7.1.3 Tiempo útil.

Es el lapso en que un adhesivo está listo para utilizarse, o sea el momento cuando se le agrega un catalizador, y el tiempo cuando ya no se puede utilizar, cuando éste se encuentra gelado.

Método: determinar cambios de consistencia o fuerza de adherencia o ambos. A un adhesivo se le agrega catalizadores, endurecedores, rellenos, adelgazadores, etc., para disminuir así el tiempo útil del producto.

D-1338 *1

7.1.4 Cubrimiento.

Es la propiedad de un adhesivo que determina la extensión a la cual un adhesivo puede ser uniformemente desplegado sobre una área que va a ser pegada con una determinada unidad de volumen o peso.

D-898 *1

D-899 *1

7.1.5 Bloqueo

El bloqueo es una adhesión indeseable entre capas en contacto de materiales similares o diferentes tal como ocurre bajo presión moderada o durante el almacenamiento.

Cuando se agrega un adhesivo a dos superficies, éstos se almacenan hasta que estén listos para unirse. Las superficies cubiertas se bloquean o no pegan.

D-1146 *1

7.1.6 Penetración.

El control de la penetración de un adhesivo en materiales porosos es importante para la fabricación de papel Kraft, laminado multicapas, cartón corrugado, cartón fibra, bolsas de verduras y bolsas multiparedes. Un requerimiento para un adhesivo es humedecer o tener un íntimo contacto en ambas superficies que van a ser unidas. Un adhesivo penetra en la superficie del material sin contribuir a la unión de los materiales, cuando ocurre esto produce un incremento en el corte, además de formar una línea de pegado pobre, que disminuye la razón de producción.

D-1916 *1

7.1.7 Tack

Es la característica de un adhesivo, la cual hace que una superficie cubierta con este adhesivo se adhiera a otra

en contacto. Esencialmente es la tenacidad de un adhesivo para no despegarse.

Método Busemarker.

(no hay disponibilidad de referencias sobre éste método.)

7.1.8 Fuerza de adherencia o adhesión.

La carga de tensión de una unión por adhesivos ocurre cuando las fuerzas actuantes son aplicadas perpendicularmente al plano del adhesivo. La fuerza de tensión, adherencia o adhesión de una unión por adhesivo es la máxima carga de tensión por unidad de área requerida para romper dicha unión. Esta es expresada en libras por pulgada cuadrada. En la práctica es la característica más importante de un adhesivo.

El método de análisis más común es el cualitativo, que consiste en unir dos piezas de los materiales más comunes que se usan en la industria, y después se separan, y con base en la experiencia y observación establecer si es tan efectivo el pegado o no.

Existen otros métodos que utilizan equipos complejos como:

D-897 *1

Estos métodos se encuentran detallados en su mayoría, en el Manual de Laboratorio de Control de Calidad de la Industria de Adhesivos. (referencia 10)

8o. Desventajas del método actual de pegado.

El método utilizado actualmente en la industria nacional para poder determinar la fuerza de adherencia es el descrito en el punto 7.1.8.

Este método entrega resultados que son solamente cualitativos, y se basa en el juicio de la persona que esta haciendo la evaluación. Esto implica que no existe realmente un patrón de comparación entre un lote y otro. Los materiales usados para las pruebas no tienen superficies con características que sean iguales de una muestra a otra (porosidad, rugosidad, etc.).

Además de que en estos materiales se debe preparar su superficie antes de poder aplicar el adhesivo, los resultados de la prueba no estarán en función de la naturaleza del adhesivo solamente, sino que involucra también agentes externos.

En el mercado existen equipos diseñados para evaluar esta propiedad(6, pag 1,330). Los equipos son mecanismos complicados y principalmente su precio es elevado.

9o. bases para la construcción del "Adhesímetro"

9.1 Esencialmente la necesidad de obtener resultados cien por ciento numéricos que permitan evaluar el pegado de cualquier lote producido y poder ser comparado contra un estándar, (con el fin de decidir en el laboratorio de control de calidad, si el producto en esta propiedad es aprobado o no.).

9.2 Tener registro de esta propiedad en todos los lotes de adhesivos que se produzcan en la fábrica y así poder tener una estadística que permita en determinado tiempo hacer cambios para mejorar un adhesivo.

9.3 Tener adherentes que siempre presenten la misma superficie de pegado y que no necesiten complicados tratamientos que afecten la fuerza de adherencia.

9.4 Tener un equipo con costos bajos y de fácil manejo con relativamente ningún mantenimiento especial.

10o. Fundamentos de diseño para la construcción del "Adhesímetro"

Se llamará "Adhesímetro" al instrumento utilizado para medir cuantitativamente la fuerza de adherencia.

Las fuerzas de atracción molecular son las responsables de la unión adhesivo-adherente; esta magnitud no se puede medir directamente, sin embargo, haciendo uso de otras propiedades que sean función de éstas fuerzas es posible medirlas y crear un dispositivo que lo haga.

La fuerza que será necesaria aplicar en sentido contrario y perpendicular a la película de adhesivo, la cual se encargará de separar los adherentes pegados mediante un adhesivo en estudio se denominará "Tensión de separación o simplemente tensión".

La tensión mínima necesaria que ocasione la separación de los adherentes es igual a la suma de todas las fuerzas de atracción de las moléculas en el adhesivo, pero vectorialmente de signo contrario (para efectos de control de calidad, solo interesa la magnitud de esta propiedad.). Entonces se tiene:

$$\text{Ec. 0: } \text{SumFa} - T = 0$$

$$\text{Ec. 1: } \text{sumFa} = - T \quad , \text{ donde:}$$

sumFa = sumatoria de las fuerzas de atracción.

T = Tensión de separación.

Un mecanismo sencillo propuesto es el mostrado en la figura #2, sección anexos (esquemas y planos), pag 75

Las superficies de pegado o adherentes se encuentran ubicados de la siguiente manera.

Una que se encuentra fija en toda la estructura del equipo y se denominará adherente fijo ver Fig #3, pag 76

La otra superficie es la que se desplazará cuando ocurra la separación. Esta será el adherente móvil. El adherente móvil es una pieza de forma circular (la forma es indiferente mientras permita calcular el área correspondiente a la superficie que se va a pegar o línea de pegado.).

Este adherente va sujeto a un cable que tiene la característica de ser flexible y se supondrá completa rigidez. Este cable es el encargado de transmitir la tensión de separación. (7, pag 36)

El cable descansará sobre unas poleas que reducirán los efectos adversos de la fuerza de fricción.

El elemento que producirá la tensión de separación es un juego de pesos; es éste un mecanismo simple, y existen otros dispositivos para producir la tensión de separación, sin embargo, éste es el que tiene un costo más bajo.

Para fines prácticos de uso el adherente base, tendrá una área mucho mayor para que tenga la capacidad de unirse

a más de un adherente móvil; las áreas individuales son solamente marcadas, lo cual permite que se analicen varias muestras al mismo tiempo.

En el caso específico, el máximo posible es de cuatro muestras que se van a analizar; el adherente se halla fijo a la base del equipo mediante una tuerca de mariposa.

Entre los materiales disponibles para la fabricación del equipo, los metales tienen una superficie más homogénea que cualquier otro material, sin embargo, varios metales sufren oxidación a excepción de metales que son caros. El metal que se encontró más favorable en costo y que no se oxida tan violentamente como otros metales es el aluminio, Y tampoco es reactivo a ninguno de los adhesivos que curan por evaporación, además de que es mucho más manejable que el acero, por lo que el dispositivo se hizo de dicho metal.

Otros accesorios que necesita el equipo para su funcionamiento es:

Un portapesos, que es donde van colocados los pesos que provocan la tensión de separación.

Dos ganchos, uno para halar el adherente móvil; éste se engancha en una extensión en la parte media del adherente, y la otra parte al cable; El otro gancho se conecta al portapesos

Y por último un par de poleas.

Además, otros accesorios son los contrapezos, los cuales proporcionan la presión inicial que se debe dar a los adherentes para que éstos queden pegados; se agrega un kilogramo sobre cada unión de adherentes. Así siempre se aplica la misma cantidad de presión.

La fuerza de fricción se ha supuesto como un valor igual a cero, debido a que los valores entregados por el "Adhesímetro" son comparativos, entonces el valor que pudiera adicionar la fuerza de fricción a un resultado también se adiciona al resultado obtenido por el patrón de comparación, sin afectar los resultados.

Siempre tomando en cuenta la reducción de costos, el criterio que se toma para determinar el punto en el que se tiene el peso máximo es cuando ocurre la separación de los adherentes. Esta separación ocurre rápidamente y no se observa alguna etapa inicial que marque dicha separación

El gradiente de fuerza de adherencia utilizado en el análisis de pegado es relativamente grande, por lo que la unidad mínima de peso utilizado será de 10 gramos, lo que establece directamente la precisión del equipo, que es de ± 10 gramos.

11o. análisis de fuerzas en el sistema.

El balance de fuerzas en el punto A

(figura #2, anexo (esquemas y planos), pag 75)

$$\text{Ec. 2: } \text{sumFf} + T = \text{SumFa} \text{ ,Donde}$$

sumFf = sumatoria de fuerzas de fricción.

T = Tensión de separación.

SumFa = Sumatoria de las fuerzas de atracción.

Suponiendo que Ff es insignificante, entonces $\text{sumFf} = 0$
entonces:

$$\text{Ec. 3: } T = \text{SumFa}$$

El balance en el punto B es:

$$\text{Ec. 4: } \text{SumFf} + T = P$$

Donde

P = peso

lo que es igual a:

$$\text{Ec. 5: } T = P$$

Entonces de la Ec. 3 y 5 se tiene:

$$\text{Ec. 6: } \text{SumFa} = P$$

Lo que significa que la fuerza de adherencia es igual al peso usado al otro extremo del cable flexible.

12o. Listado de accesorios y dimensiones.

Base del equipo:

Material	Aluminio.
Forma	Rectangular.
Medidas	9.00 x 30.00 x 2.00 cm.

Adherente fijo:

Material	Aluminio.
Forma	Circular.
Medidas	r= 5.00 x 1.30 cm.

Soporte base poleas

Material	Aluminio.
Forma	Cilíndrica.
Medidas	r= 5.00 x 1.30 cm.

Base para poleas:

Material	Aluminio
Forma	Circular.
Medidas	r= 0.90 x 24.00 cm.

Poleas: (catálogo, ref 5, pag 72)

Material	Aluminio.
Forma	Circular.
Medidas	r= 1.25 x 0.40 cm.
Cantidad	2

Carril porta poleas

Material Aluminio.
Forma Rectangular.
medidas 14.50 x 1.80 x 1.50 cm.

Pesas:

Material Bronce.
Forma Cilindrica.
Medidas $r = 1.25 \times 2.00$ cm.
peso 1000 gr., 500 gr., 200 gr., 100 gr.
50 gr. y 10 gr.

Contrapesos:

Material Hierro.
Forma Cilindrica
Medidas $r = 1.25 \times 8.00$ cm.
Peso 1000 gr.
Cantidad 4

Adherente móvil

Material Aluminio.
Forma Circular, con una base concéntrica.
Medidas $r = 1.25 \times 0.60$ cm.
Medidas base $r = 0.25 \times 2.00$ cm.

Señta poses.

Material	Aluminio
Forma	Compuesta.

Ganchos:

Material	Aluminio.
Cantidad	2

Cable: (catálogo, ref 5, pag 72)

Material	Hilo algodón.
----------	---------------

Donde r es igual al radio cuando se trata de formas circulares o cilíndricas, y el segundo valor se refiere al espesor.

Resultados

Io. calibración del adhesímetro.

A continuación en las siguientes hojas, se presentan los resultados finales obtenidos de la calibración del equipo, así como de la evaluación que se hizo en el muestreo realizado en el área de producción.

Son las siguientes gráficas las que se obtuvieron:

Gráfica #1, Tiempo abierto versus fuerza de adherencia que fija el tiempo de secado a 3 horas.

Gráfica #2. Tiempo abierto versus fuerza de adherencia que fija el tiempo de secado a 5 horas.

Gráfica #3, Tiempo abierto versus fuerza de adherencia que fija el tiempo de secado a 12 horas.

Gráfica #4, Tiempo abierto versus fuerza de adherencia que fija el tiempo de secado a 24 horas.

Gráfica #5. Número de lotes versus fuerza de adherencia para un tipo de adhesivo de Vinil-monomero.

Gráfica #6 Número de lotes versus fuerza de adherencia para un tipo de adhesivo de Poliuretano.

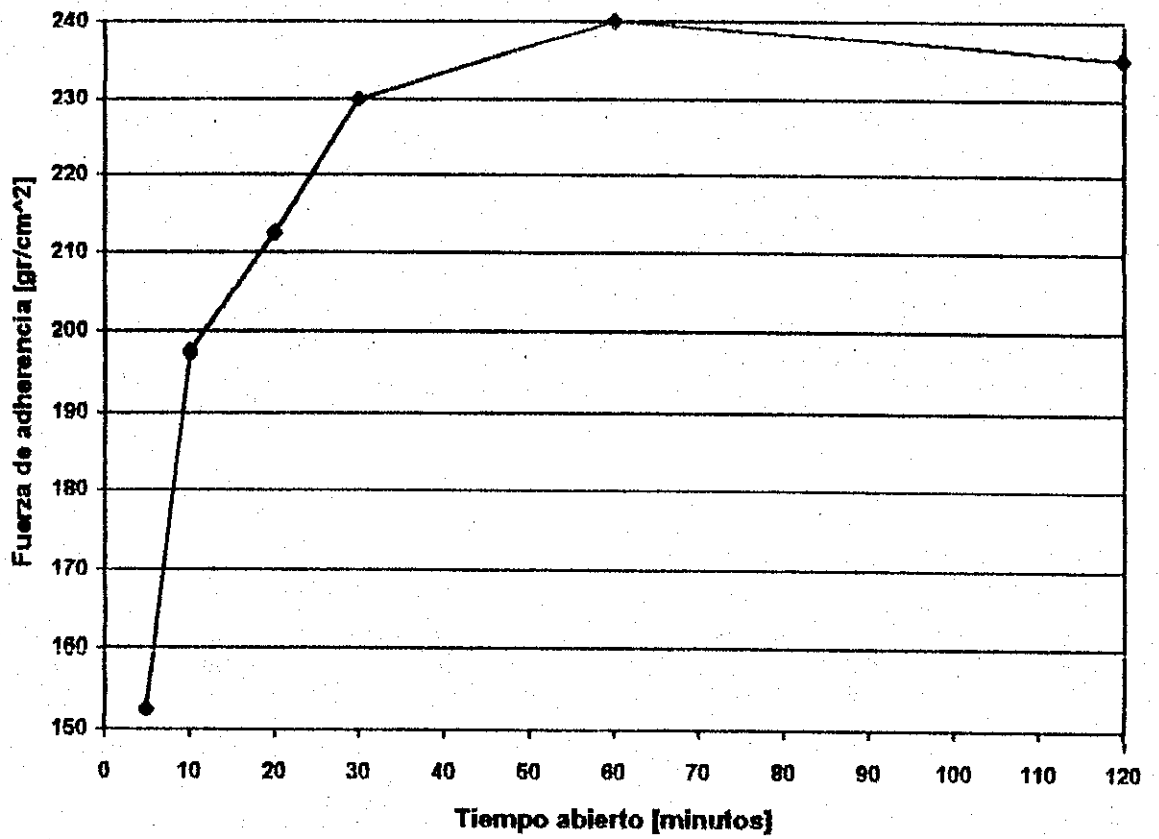
Gráfica #7 Número de lotes versus fuerza de adherencia para un tipo de adhesivo de Almidón.

Gráfica #8 Viscosidad versus fuerza de adherencia. que fija los sólidos totales a 20%.

Gráfica #9 % de sólidos versus fuerza de adherencia

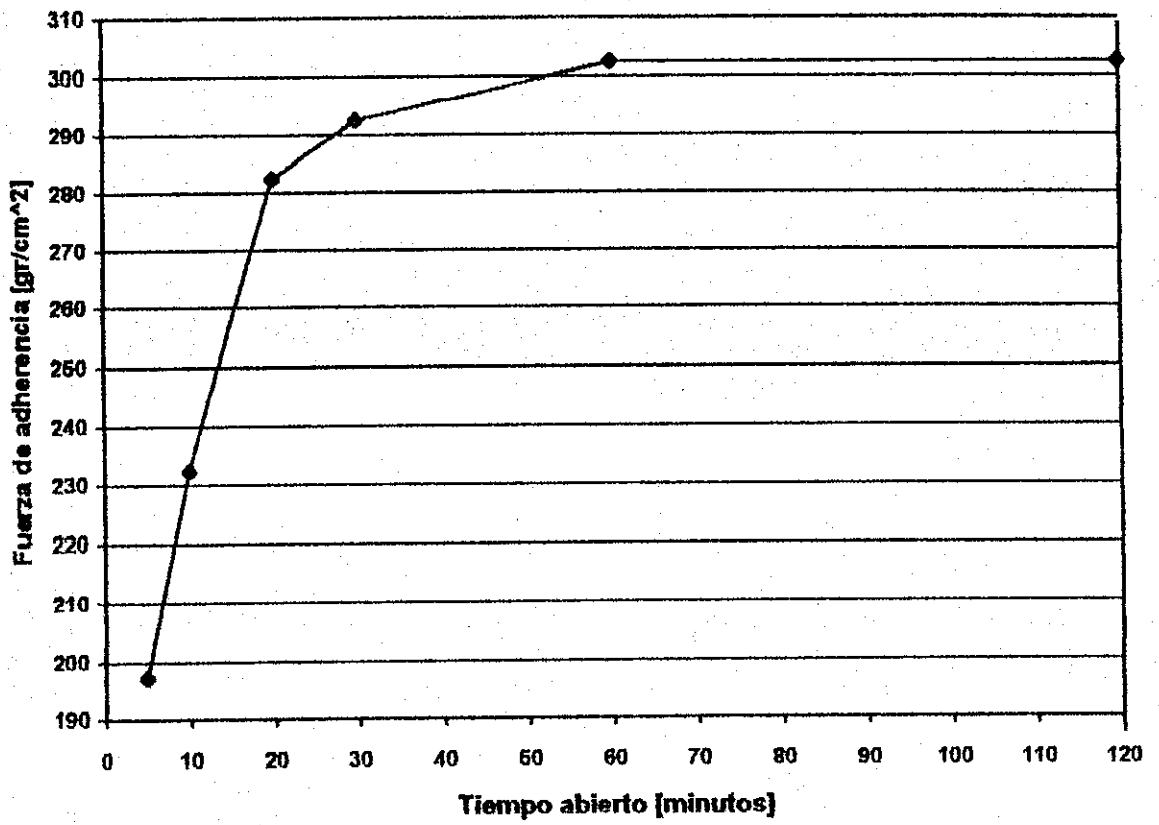
Gráfica #1 a $T_s = 3$ horas

Tiempo abierto vrs Fuerza de adherencia



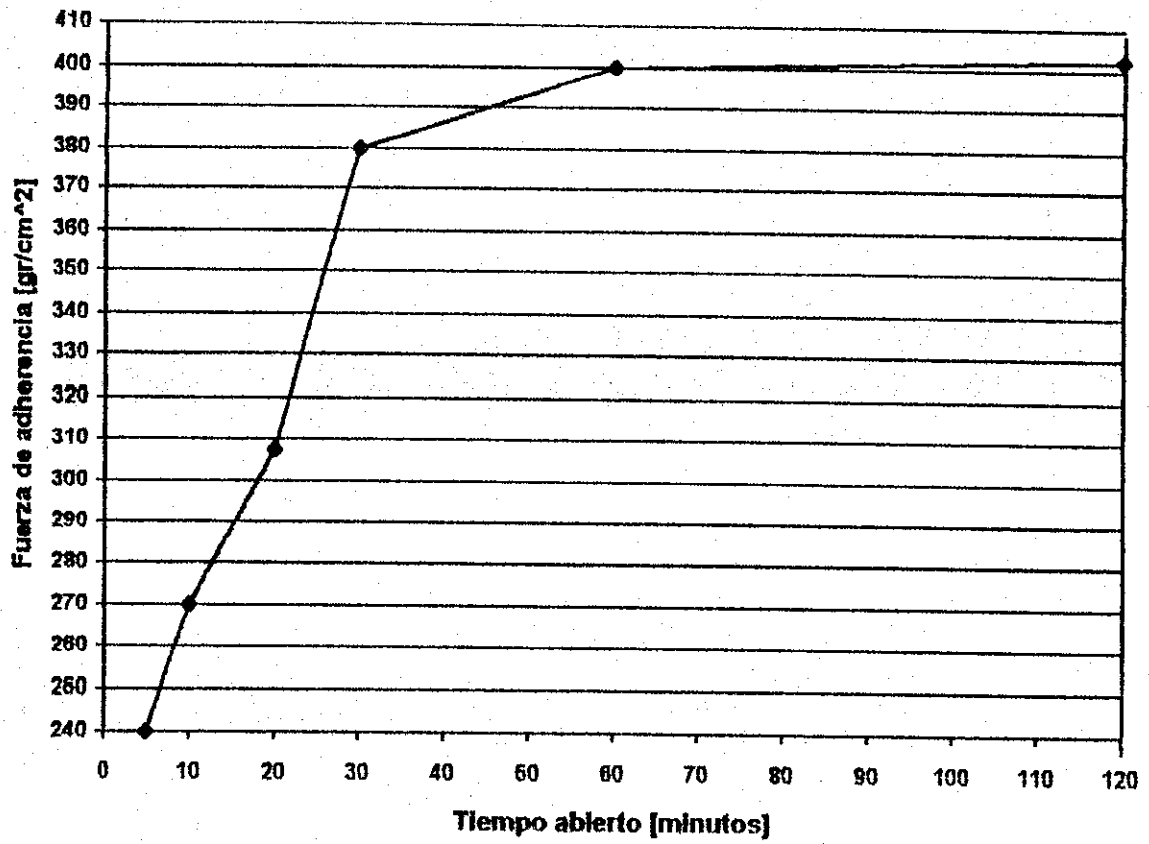
Gráfica #2 a $T_s = 5$ horas

Tiempo abierto vrs Fuerza de adherencia



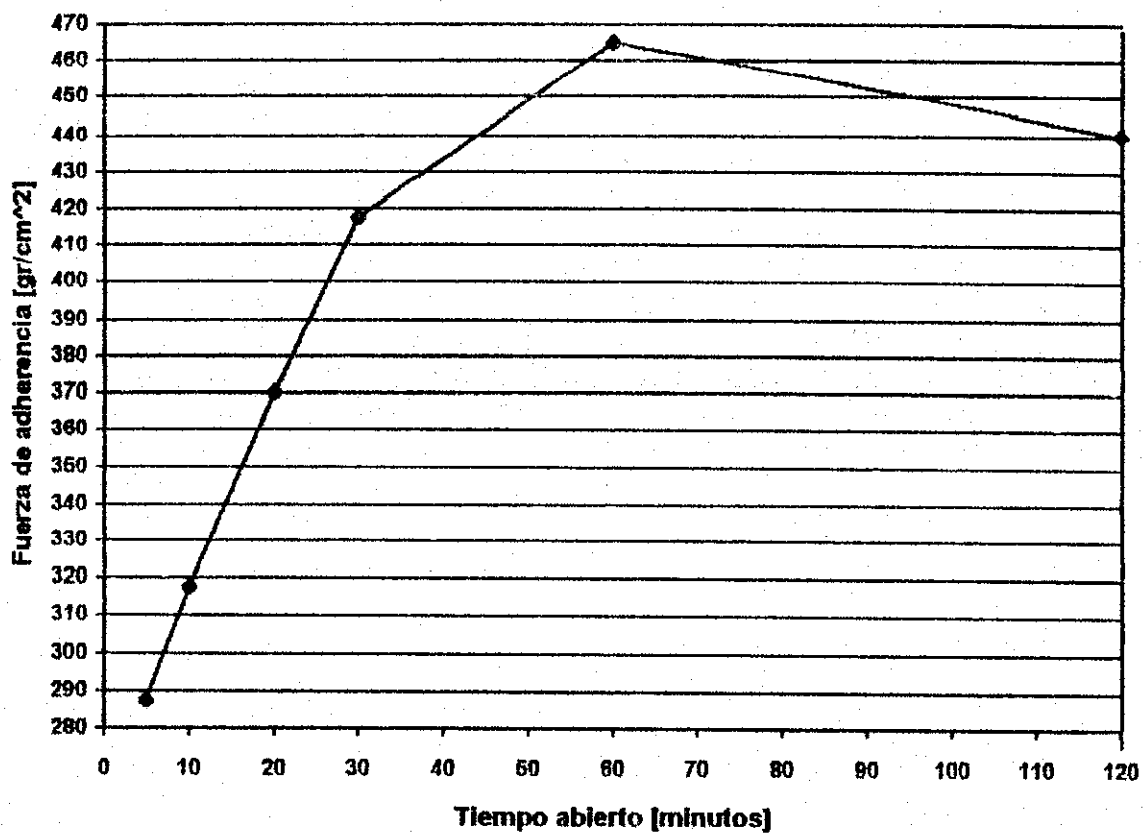
Gráfica #3 a $T_s = 12$ horas

Tiempo abierto vrs Fuerza de adherencia



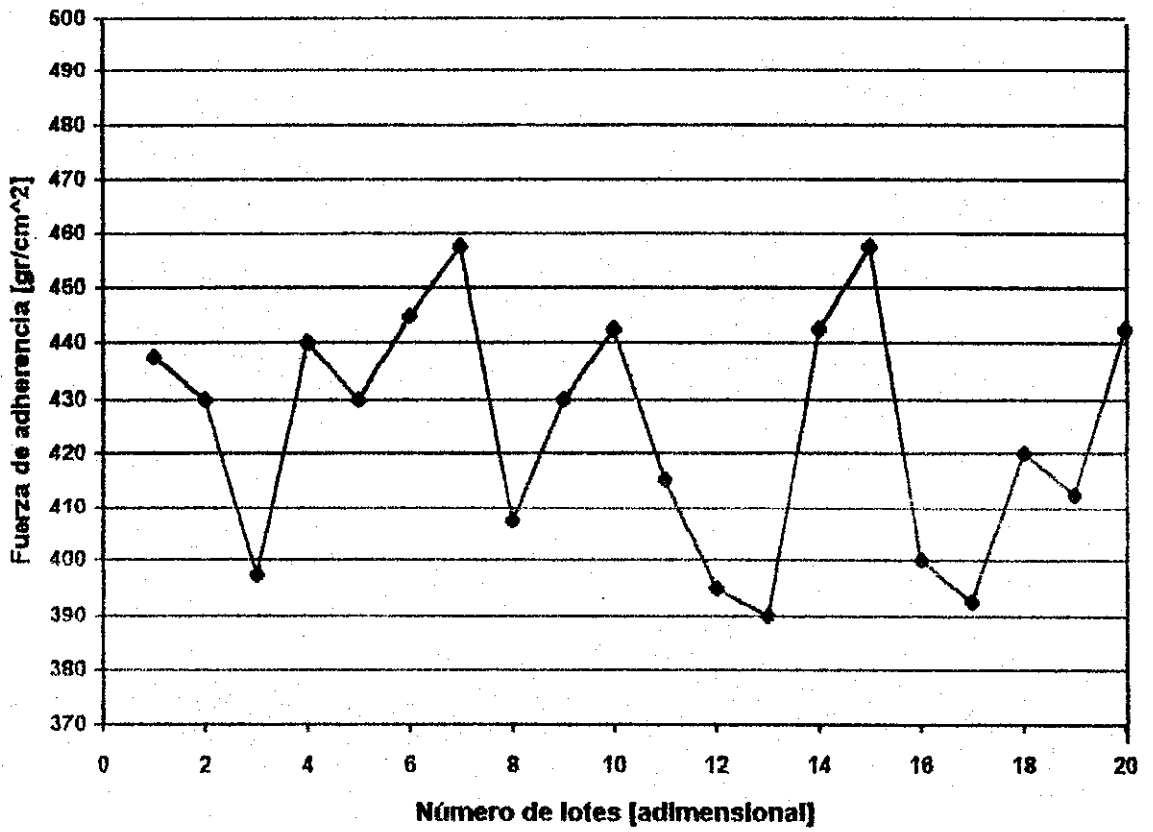
Gráfica #4 a Ts = 24 horas

Tiempo abierto vrs Fuerza de adherencia



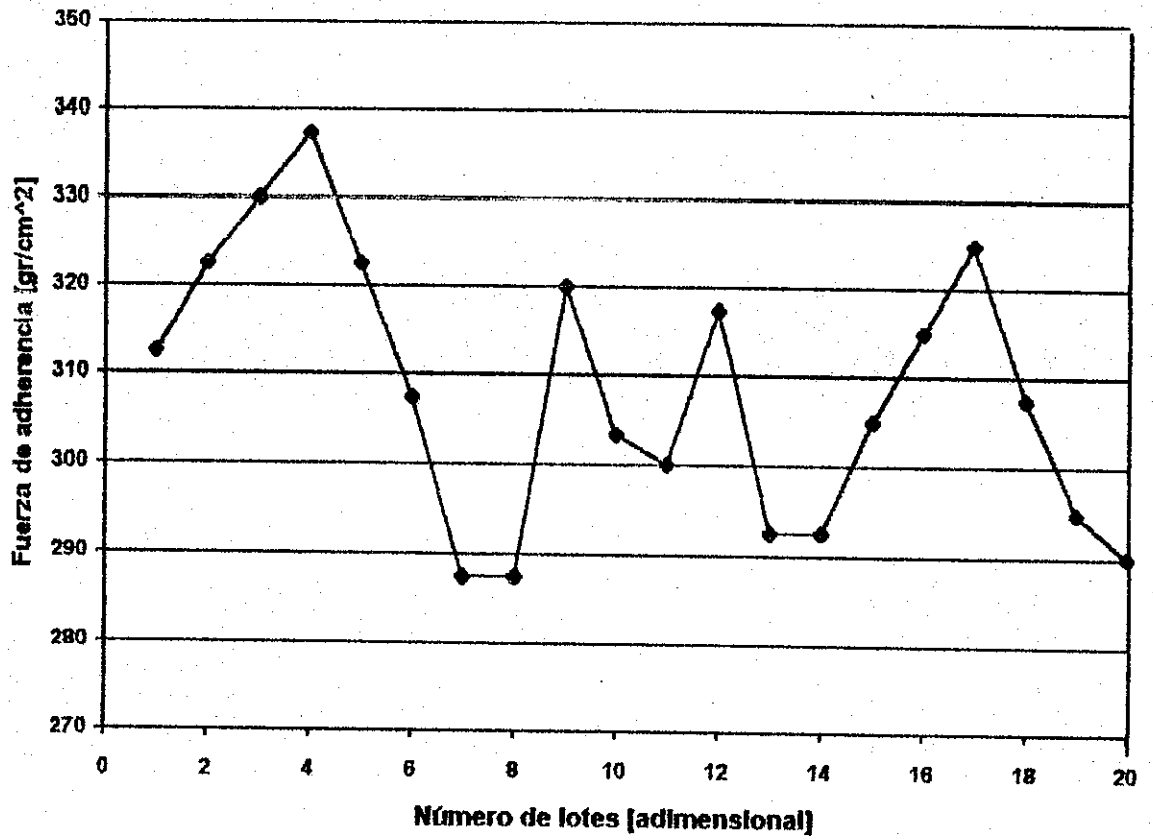
Gráfica #5 Vinil-monomero

No. de lotes vrs Fuerza de adherencia



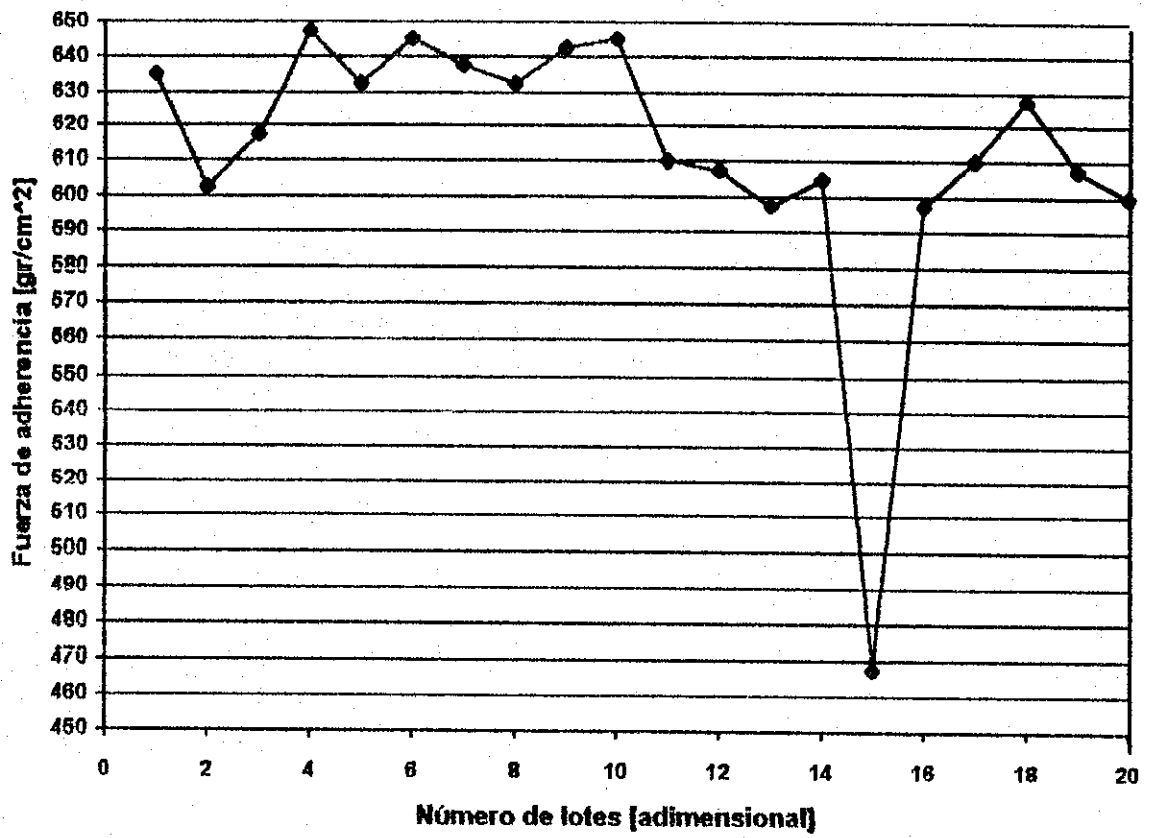
Gráfica #6 Poliuretano

No. de lotes vrs Fuerza de adherencia



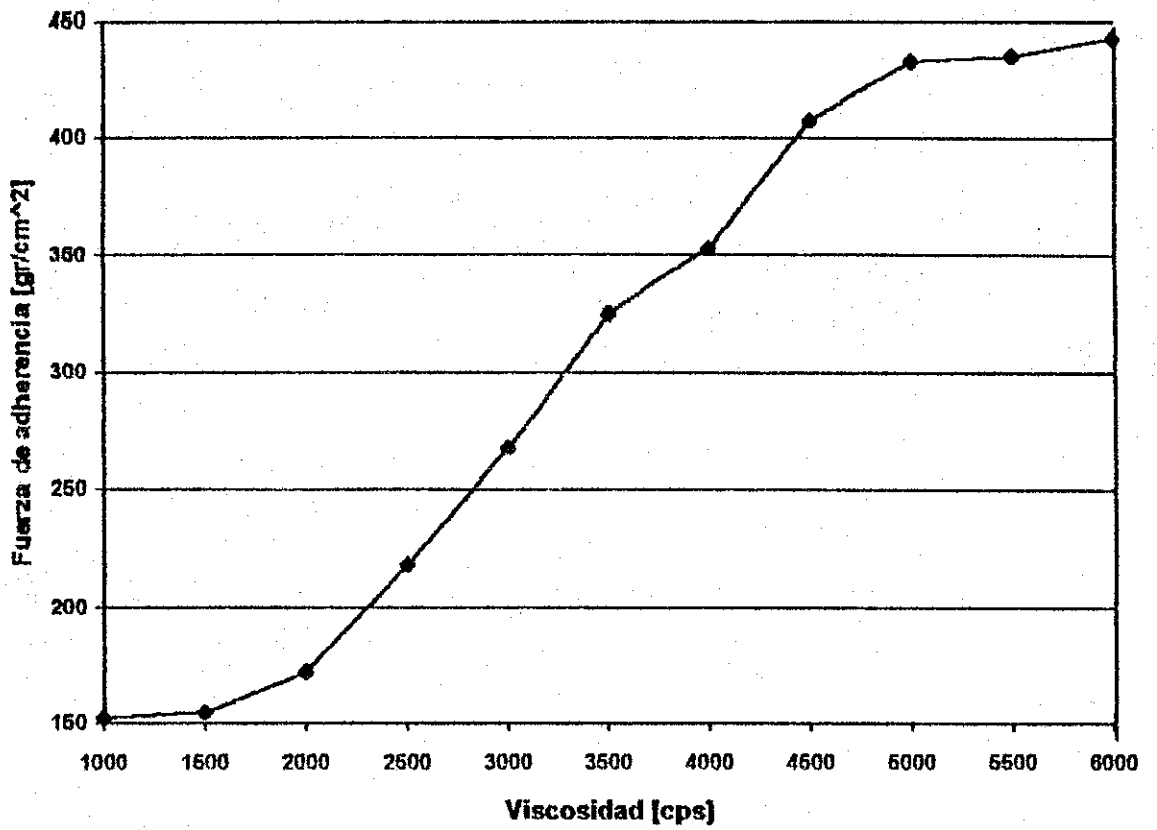
Gráfica #7 Almidón

No. de lotes vrs Fuerza de adherencia



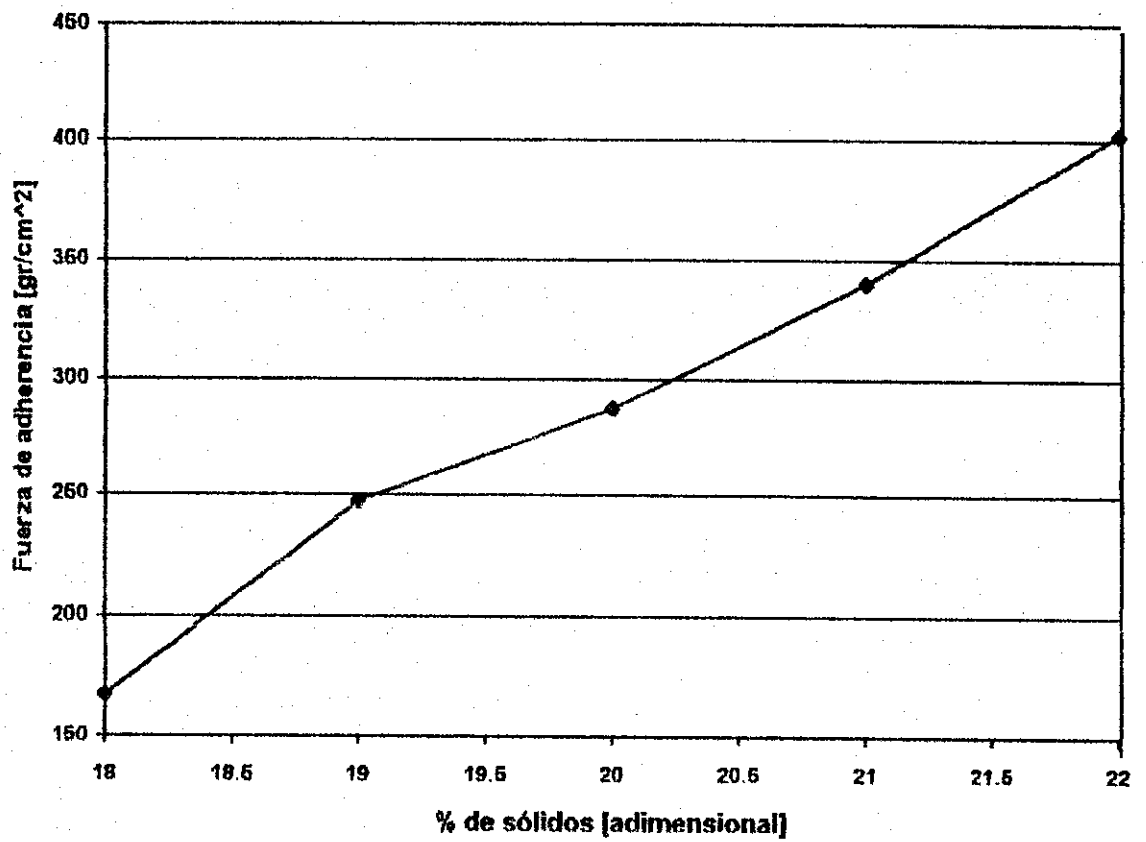
Gráfica #8

Viscosidad vrs Fuerza de adherencia



Gráfica #9

% de sólidos vrs Fuerza de adherencia



II. Guía de diseño

Los pasos que se siguieron para el diseño y construcción del equipo de laboratorio del presente trabajo se presenta a continuación en forma numerada, con el objeto de servir como guía para el diseño de cualquier equipo.

- 1o. Definir la propiedad que se desea evaluar cuantitativamente.
- 2o. Determinar si es posible medirla. Si no buscar otras propiedades que sean función de la propiedad buscada pero que sea fácilmente medible.
- 3o. Investigar si existen en el comercio equipos que determinen esta propiedad, y cuál es su costo.
- 4o. Investigar y analizar si algún sistema mecánico, eléctrico, electrónico, digital o una combinación de éstos se puede construir o adaptar para obtener un dispositivo capaz de proporcionar los valores buscados; además es indispensable la asesoría en estas ramas.

5o. Realizar los planos del equipo propuesto, (ya sea con técnicas de dibujo o con un programa de computadora ideado para este fin un autoCAD.), así como un listado de materiales con los que se va a construir el equipo.

6o. Evaluar el costo de construcción, materiales (Hay algunas piezas del equipo que requieren herramientas sofisticadas por lo que se deben pedir a talleres especializados dicha elaboración, debiéndose considerar su costo.). La alternativa es que el equipo completo se construya en algún taller siguiendo los planos e instrucciones del diseñador, previa aprobación del presupuesto.

7o. Evaluar el costo del equipo construido con los que se encuentran ya fabricados, tomando en cuenta las técnicas de evaluación de alternativas, y determinar la factibilidad de dicho proyecto.

(12, pag 268 - 271 y 13, pag 51 - 55)

8o. Si el producto es posible de realizar a nivel de laboratorio, se deben hacer corridas para probar la efectividad del equipo haciendo variaciones que afecten dicha propiedad. El rango en el cual se

debe evaluar deberá ser desde el valor en el cual el producto está fuera de rango de calidad hasta un valor donde el producto tiene la máxima calidad posible.

9o. Los datos obtenidos deben ser tratados usando métodos de rechazo estadísticos, para establecer la confiabilidad del equipo.

10o. Si el equipo es confiable, debe evaluarse con muestras provenientes de producción para determinar la repetitividad en la obtención de resultados y observar si el equipo detecta variaciones.

11o. Implementar el equipo a los procedimientos de análisis de control de calidad.

III. Manual de operaciones del

"Adhesímetro"

Objetivos

Que el usuario conozca las partes fundamentales del equipo, así como de la correcta utilización del mismo y de los cálculos necesarios para la obtención de resultados.

Equipo:

"Adhesímetro" [Ver figura 4, anexos (esquemas y planos) pag 78]

Procedimiento:

- 1o. Observar que el cable esté insertado dentro de los canales de las poleas, así como del portapesos.
- 2o. Asegurar el adherente fijo a la base del equipo mediante la mariposa.
- 3o. Colocar una película delgada de adhesivo sobre la superficie del adherente móvil, y también sobre el adherente fijo, teniendo cuidado de que el adhesivo quede dentro del área marcada. (Se recomienda utilizar los cuatro adherentes, y obtener un resultado promedio).
- 4o. Esperar el tiempo abierto recomendado por el fabricante del adhesivo que se va analizar.
- 5o. Luego colocar el adherente móvil sobre el adherente fijo, y ocupar el área marcada.

- 6o. Inmediatamente colocar el contrapeso sobre el adherente móvil.
- 7o. Esperar el tiempo de secado de acuerdo con las especificaciones del adhesivo.
- 8o. Retirar el contrapeso del adherente móvil, y colocar el gancho a este adherente móvil.
- 9o. Colocar pesos progresivamente sobre el portapesos hasta que ocurra la separación de los adherentes; esto ocurre en forma rápida, por lo que es el indicativo de que el procedimiento ha terminado.
- 10o. Limpiar inmediatamente los adherentes, usando los respectivos solventes de los adhesivos, y luego secarlos y colocarlos en sus respectivos lugares.

Cálculos:

Sumar los distintos pesos, colocados sobre el contrapeso más 50 (es el peso del contrapeso.); si se utilizaron todos los adherentes, se debe establecer un promedio del peso utilizado para poder separar los adherentes. Este peso debe estar dado en gramos.

El peso obtenido se divide entre 5 que es el area de la superficie del adherente móvil y obtener el resultado en gramos/centímetro cuadrado , o unidades de pegado (UP).

Discusión

En el diseño y construcción de equipos de laboratorio, se deben seguir ciertos pasos (guía de diseño) para poder tener un dispositivo confiable y que refleje valores reales. Aunque algunos de los equipos usados para análisis de control de calidad se pueden adquirir importándolos, éstos son de costos elevados con molestos trámites de importación y a veces, hay que hacerle alguna adaptación para usarlos en la industria nacional.

Actualmente se cuenta con la tecnología suficientemente capaz como para reproducir la mayoría de equipos de análisis a la altura de un equipo importado y talvez hasta mejor, ya que el equipo construido se hace para las necesidades específicas del producto que se va analizar.

La etapa de calibración es la etapa más importante en la construcción de equipos de análisis. De aquí depende la obtención de datos confiables y comportamientos de las propiedades.

Existen propiedades físicas que dependiendo del proceso, calidad de materias primas y otras circunstancias no se controlan fácilmente y hacen que la calidad del producto final varíe.

Al calibrar el "Adhesímetro", se variaron las siguientes propiedades: tiempo abierto, tiempo de secado, viscosidad y porcentaje de sólidos, y se obtuvieron los resultados mostrados en las gráficas 1 a la 9.

De la gráfica 1 a la 4, se varió el tiempo abierto y el tiempo de secado. Observando la gráfica 1 se fijó el tiempo de secado a 3 horas y se varió el tiempo abierto entre 5 minutos y 120 obteniéndose una curva, la cual empieza a aumentar hasta llegar a un valor máximo (60 minutos) y luego disminuye ligeramente.

Esto sugiere que fijando el tiempo de secado, si se aumenta el tiempo abierto la fuerza de pegado, aumenta hasta un punto máximo donde se consigue la más alta fuerza de adherencia, que es el tiempo abierto óptimo. De este punto al aumentar el tiempo abierto, la fuerza de adherencia disminuye. En la literatura, se establece que existe un tiempo en el cual los sustratos a los que se les aplica un adhesivo deben ser unidos, ya que se ha evaporado la cantidad suficiente de solvente como para no provocar disminución en la fuerza de adherencia por atrapamiento de solventes residuales, además de que la cantidad evaporada no sea tanta que disminuya el "tack" que haga imposible el pegado inicial. (11, pag 360)

Al variar el tiempo de secado, el comportamiento presentado en la primera gráfica es similar, sin embargo, la tendencia mostrada desde el tiempo abierto mínimo hasta el punto máximo cambia la pendiente promedio de la curva, disminuyendo la pendiente hacia la horizontal cuando se aumenta el tiempo de secado. Esto indica que variando el tiempo abierto, el aumento de fuerza de adherencia no aumenta tanto como cuando el tiempo de secado es menor.

Después del tiempo abierto óptimo, las distintas curvas se comportan igual, excepto cuando el tiempo de secado es de 24 horas o más donde la caída de fuerza de adherencia es mayor.

Se puede observar que a mayor tiempo de secado, la fuerza de adherencia aumenta sensiblemente. (8, pag 1)

El comportamiento general de todas las curvas es similar aumentando el tiempo abierto se aumenta la fuerza de adherencia hasta llegar a un punto máximo de donde aunque se siga aumentando el tiempo abierto la fuerza de adherencia ya no varía, por el contrario puede disminuir. El punto máximo (tiempo abierto óptimo) está en función de la formulación, y de la relación de solventes además entre más tiempo de secado se le dé, mayor es la fuerza de adherencia a los mismos tiempos abiertos.

Estos resultados son aplicados a un adhesivo de neopreno, sin embargo, este comportamiento depende de las propiedades físicas de las materias primas usadas; forma de aplicación y no de la naturaleza del adhesivo, así que este comportamiento es igual en una gran variedad de adhesivos (Los que curan por evaporación).

En las gráficas 5 a 7, se evaluó la fuerza de adherencia contra número de lotes, provenientes de producción realizadas en un mismo equipo, siguiendo el mismo procedimiento y una formula estándar. Se evaluaron tres diferentes tipos de adhesivos y son éstos un vinil-monómero poliuretano y un almidón. Para un total de 20 lotes producidos por tipo. (1, pag 1, 2, pag 5)

Los datos obtenidos en las tres gráficas se encuentran dispersos dentro de un rango reducido, lo cual implica que este rango da los límites de fuerza de adherencia; al observar las gráficas que dependen de la naturaleza del adhesivo, así es el rango de fuerza de adherencia.

En la gráfica 7, se nota un valor alejado del resto de los datos; esto es un resultado concluyente donde el producto no cumple con las especificaciones de control de calidad (suponiendo que los rangos creados por los datos dispersos son los patrones estándar usados por control de calidad y debe ser rechazado). (ref 10, pag 5)

Se observa que para un mismo sustrato tiene mayor fuerza de adherencia los adhesivos del tipo almidón, y el que tiene menor fuerza es el poliuretano.

Se evaluó viscosidad contra fuerza de adherencia y se encontraron tres etapas: la primera etapa: a bajas viscosidades el incremento de fuerza de adherencia es pequeño, a viscosidades medias (2000 - 5000 cps), el aumento de viscosidad es directamente proporcional al cambio de fuerza de adherencia, y en la tercera etapa, a altas viscosidades (5000 - 6000 cps) el aumento de viscosidad mantiene casi la misma fuerza de adherencia. Esto es un hecho simple debido a que a mayor viscosidad la capa de adhesivo que humecta el sustrato tiene mayor cantidad de sólidos por área. En las investigaciones realizadas que se encuentran en la literatura técnica de esta área, se utiliza la viscosidad Mooney [minutos] (su equivalente con la viscosidad en centipoises, se encuentra en tablas (9, pag 33_2)) sin embargo, su comportamiento es similar al mostrado por las curvas de calibración obtenidas por el "Adhesímetro" (11, pag 359).

La gráfica 9 evalúa porcentaje de sólidos contra fuerza de adherencia, y se encuentra una línea recta inclinada en este comportamiento la interpretación es simple A mayor cantidad de sólidos, habrá una mayor cantidad de adhesivo sobre los sustratos a pegar.

Con esta serie de evaluaciones y el conjunto de resultados obtenidos gráficamente, se establece que con el equipo "Adhesímetro" es posible evaluar comportamientos de adhesivos en función de la fuerza de adherencia, variando alguna otra propiedad que proporciona datos confiables, reales e imparciales, puesto que el uso del equipo reduce casi todos los factores que afectan el proceso de pegado.

El equipo "Adhesímetro" ha demostrado de acuerdo con los resultados obtenidos con lotes de producción y muestras controladas de laboratorio que el equipo se puede implementar en un programa de control de calidad con la seguridad de que el equipo es capaz de detectar variaciones en la fuerza de adherencia con una precisión de ± 10 gramos, que pudiera estar fuera de especificaciones, además de poder establecer pruebas, los rangos o valores límites estándar al realizar pruebas de laboratorio.

El hecho de usar sustratos o adherentes metálicos tiene sus ventajas tales como homogeneidad en la superficie del sustrato, facilidad de aplicación, mantenimiento y limpieza de los mismos, así como la obtención de resultados libres de influencias ajenas que afecten la prueba. (9, pag 23-00 - 23-74)

Conclusiones

10. La industria nacional está capacitada para poder diseñar, construir y calibrar equipos para el análisis de laboratorio de control de calidad.
20. En la construcción de equipo de laboratorio, la etapa determinante para implementarlos en un programa de control de calidad es la etapa de calibración.
30. A todos los adhesivos cuando se aumenta el tiempo abierto, aumenta la fuerza de adherencia hasta un punto en que se logra la máxima fuerza de adherencia; este punto es el tiempo abierto óptimo. (estos son los adhesivos que curan por evaporación).
40. La fuerza de adherencia está en función de la viscosidad, de tal manera que a mayor viscosidad la fuerza de adherencia aumenta proporcionalmente en el rango de viscosidades medias (2000 - 5000 cps)
50. La fuerza de adherencia está en función directa de la cantidad de sólidos del adhesivo.
60. El "Adhesímetro" diseñado y construido en este trabajo es adecuado para ser implementado en un programa de control de calidad.

Recomendaciones

- 1o. En el diseño y fabricación de equipo de laboratorio, se debe optimizar la construcción de las piezas o elementos del mismo equipo, y enviarlas a talleres o con personas especializadas en el campo específico de cada pieza.
- 2o. En la etapa de calibración, se deben de evaluar todas las posibles variantes de propiedades, haciendo uso de muestras controladas a nivel de laboratorio.
- 3o. Se deben valorar los conocimientos adquiridos en el área académica, así como las capacidades y habilidades de la persona responsable del diseño, a fin de cumplir una meta propuesta.
- 4o. Se recomienda que los ingenieros utilicen su ingenio e inventiva para aplicar su formación científico-tecnológico en el diseño y construcción de equipos de medición, que se adapten a las necesidades de la industria local.

Anexos

Conjunto de dibujos para la construcción del equipo.

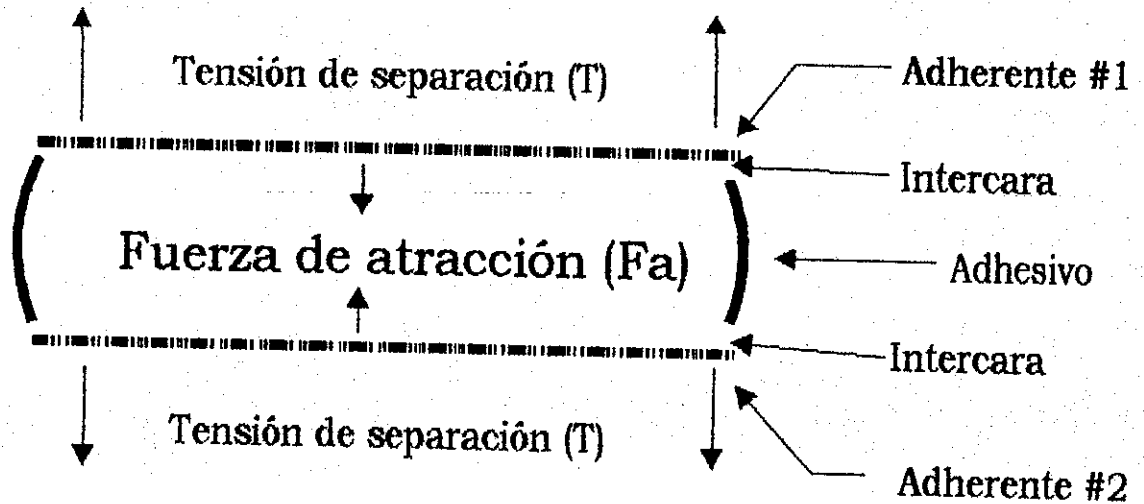


Figura #1

Aspecto de los elementos que intervienen en el proceso de pegado.

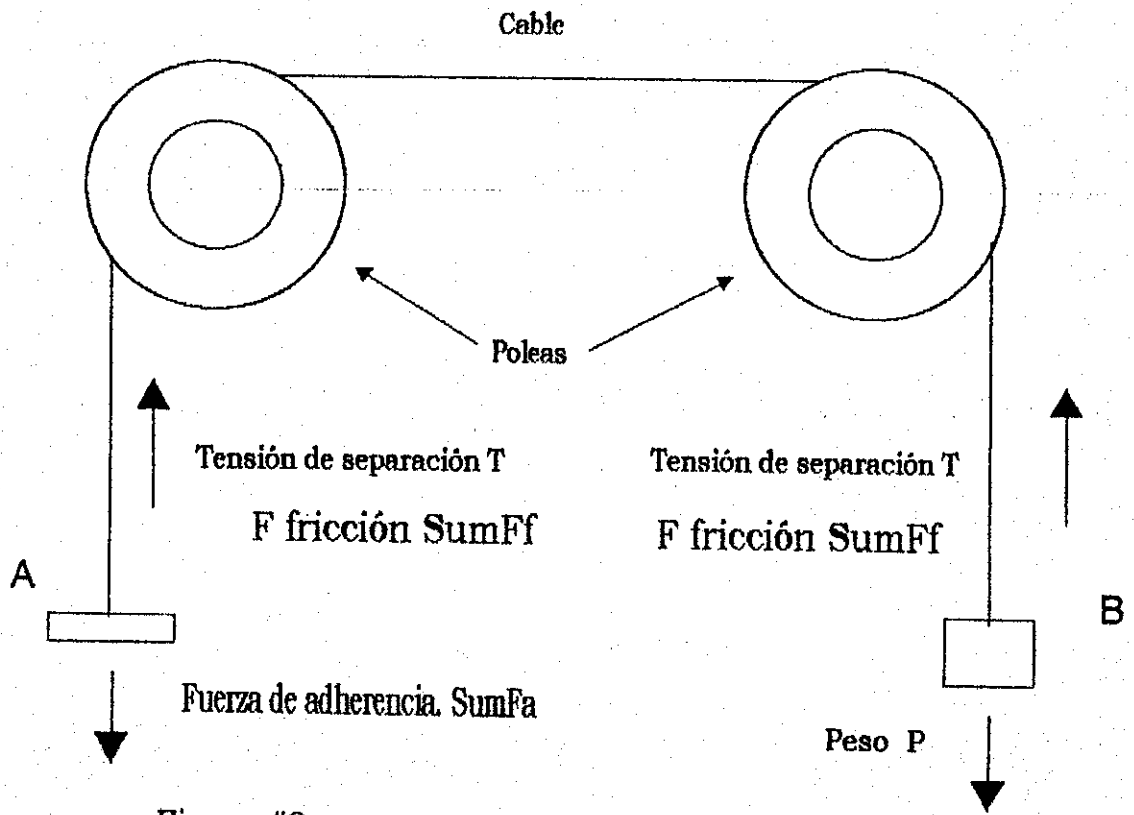


Figura #2

Mecanismo propuesto

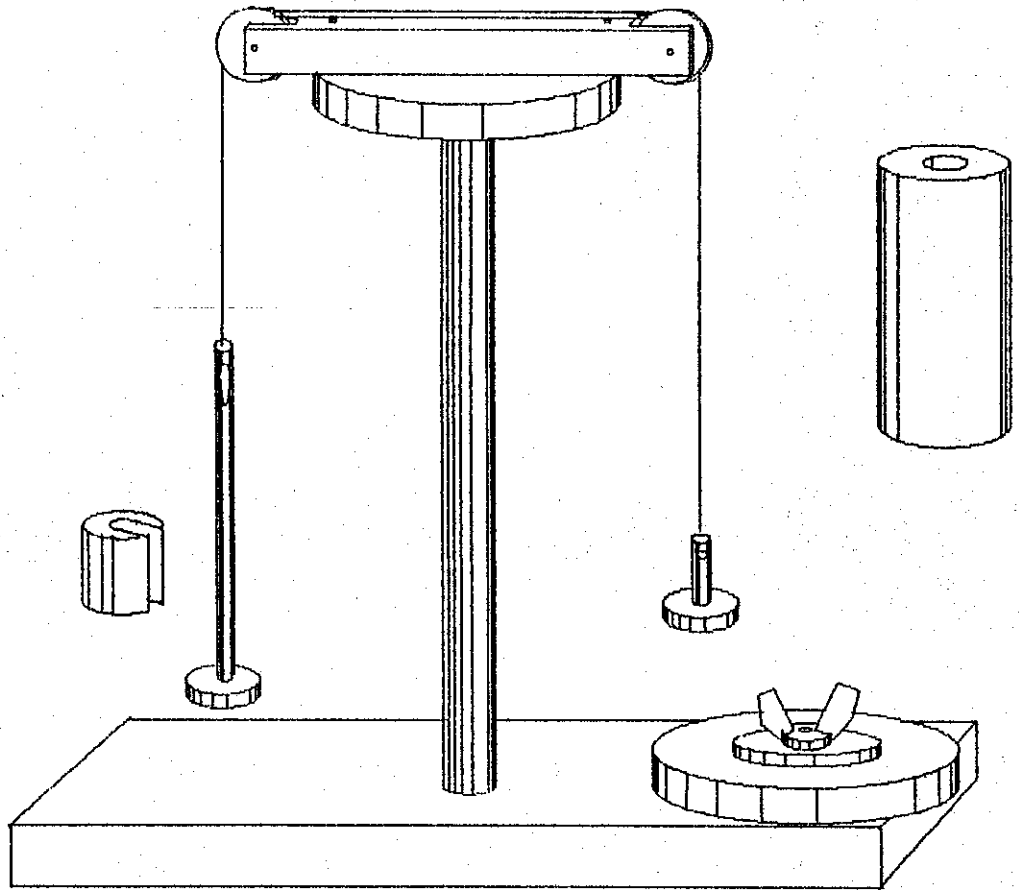


Figura #3

Se muestra el dibujo en tres dimensiones

No se encuentra a escala

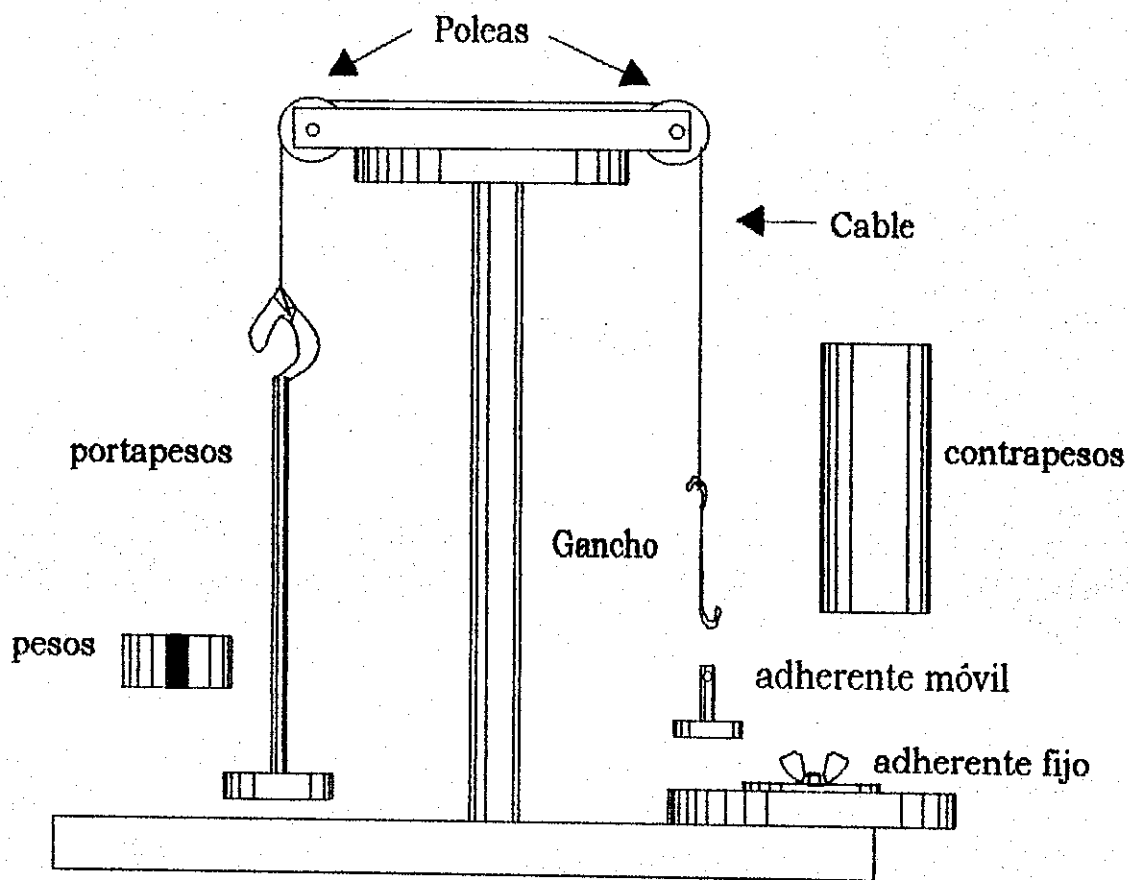


Figura #4

Perfil del equipo

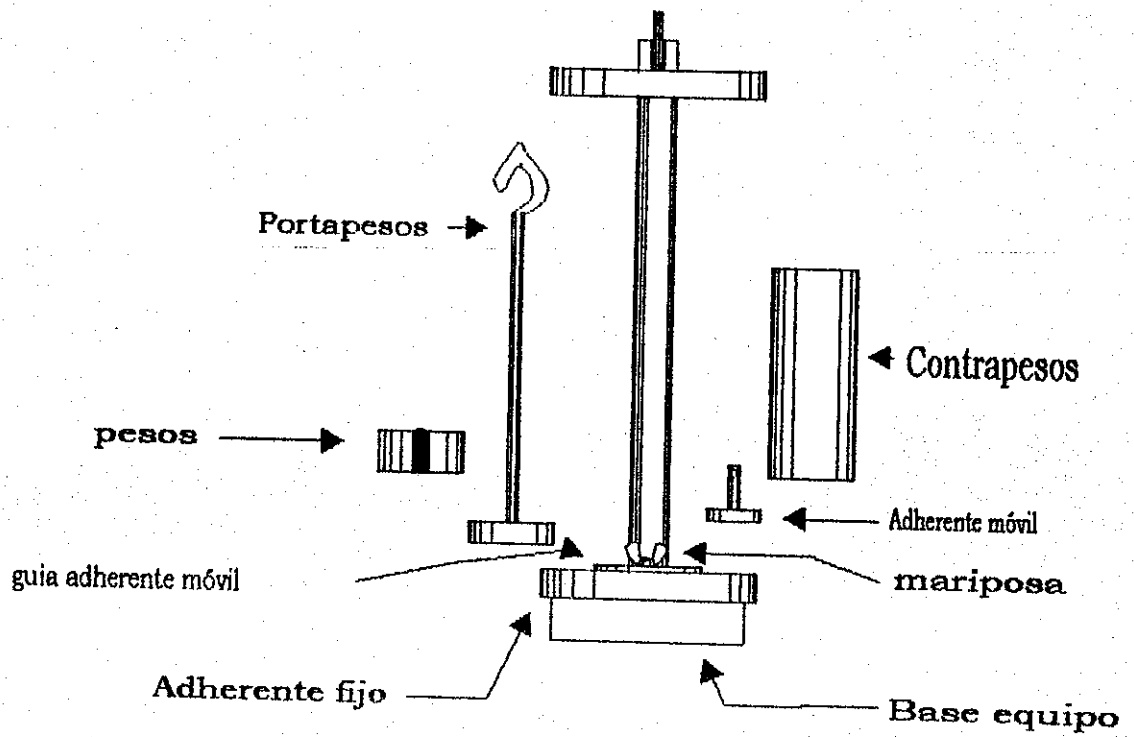


Figura #5
Frente equipo.

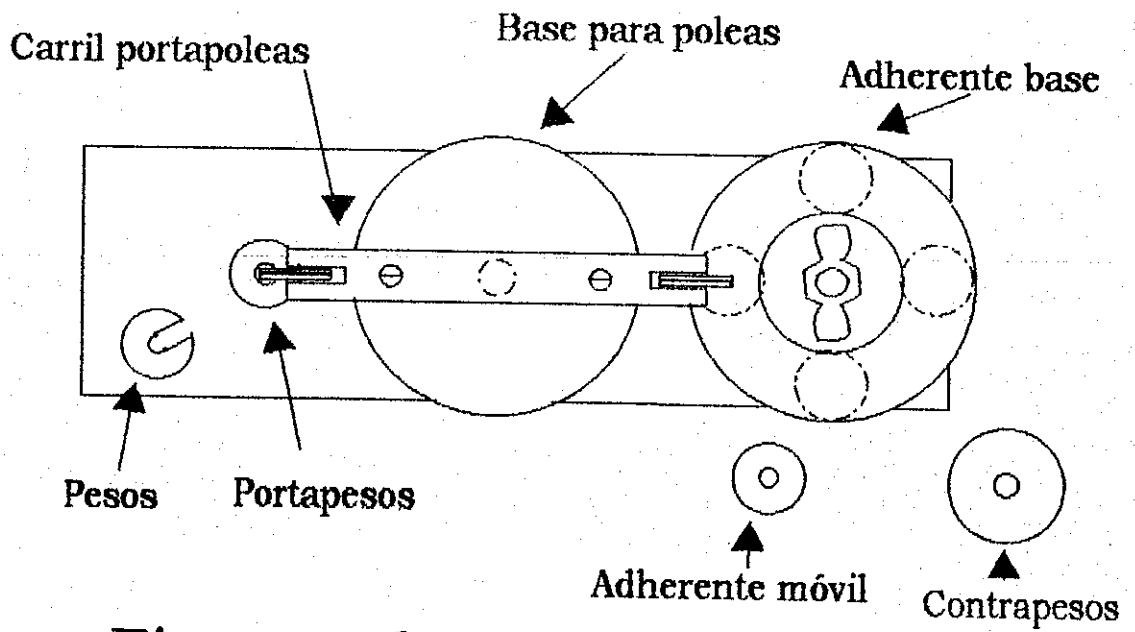


Figura #6

Planta del equipo

(se puede observar en el adherente base las marcas donde van colocados los adherentes móviles.)

Tabla de los valores obtenidos en la etapa de calibración.

Tabla #1a

Tiempo abierto vrs Fuerza de adherencia

a T. secado = 3 horas

T. abierto [min]	Unidades de pegado [gr/cm ²]			
	#1	#2	#3	#4
5	150	150	160	150
10	200	210	200	180
20	220	200	210	220
30	230	230	240	220
60	240	240	250	230
120	240	240	230	230

Los datos dudosos se encuentran entre un cuadro de línea doble.

Tabla #2a

Tiempo abierto vrs Fuerza de adherencia

a T. secado = 5 horas

T. abierto [min]	Unidades de pegado [gr/cm ²]			
	#1	#2	#3	#4
5	190	200	200	200
10	250	240	200	240
20	280	300	280	270
30	290	290	300	290
60	310	300	290	310
120	300	300	310	300

Los datos dudosos se encuentran encerrados
en un cuadro de línea doble

Tabla #3a

Tiempo abierto vs Fuerza de adherencia

a T. secado = 12 horas

T. abierto [min]	Unidades de pegado [gr/cm ²]			
	#1	#2	#3	#4
5	240	240	240	240
10	280	270	250	280
20	320	300	310	300
30	380	370	380	390
60	400	410	390	400
120	400	400	410	400

Tabla #4a

Tiempo abierto vrs Fuerza de adherencia

a T. secado = 24 horas

T. abierto [min]	Unidades de pegado [gr/cm ²]			
	#1	#2	#3	#4
5	300	280	290	280
10	320	320	300	330
20	360	370	370	380
30	420	420	410	420
60	450	450	470	490
120	420	440	450	450

Los datos dudosos se encuentran encerrados en un cuadro de línea doble.

Tabla #5a

Número de muestras vrs Fuerza de adherencia

Naturaleza de adhesivo: vinil-monómero.

No muestra [Adim.]	Unidades de pegado [gr/cm ²]			
	#1	#2	#3	#4
1	440	430	440	440
2	430	430	420	440
3	380	400	400	410
4	440	450	440	430
5	430	430	440	420
6	450	450	440	440
7	460	460	450	460
8	420	410	400	400
9	430	430	430	430
10	440	440	440	450
11	420	410	420	410
12	400	370	400	410
13	410	400	400	350
14	450	450	430	440
15	460	450	450	470
16	400	400	400	400
17	410	380	390	390
18	430	420	420	410
19	420	400	410	420
20	450	450	430	440

Tabla #6a

Número de muestras vrs Fuerza de adherencia

Naturaleza de adhesivo: poliuretano.

No muestra [Adim.]	Unidades de pegado [gr/cm ²]			
	#1	#2	#3	#4
1	320	310	320	300
2	330	320	330	310
3	360	330	320	310
4	340	330	340	340
5	320	320	330	320
6	300	300	310	320
7	280	280	290	300
8	290	290	280	290
9	320	310	330	320
10	300	250	310	300
11	300	300	230	280
12	320	330	330	290
13	280	290	300	300
14	290	290	290	300
15	300	310	300	310
16	310	230	330	300
17	320	330	330	320
18	300	310	310	310
19	280	290	300	310
20	290	300	280	290

Los datos dudosos se encuentran encerrados en un cuadro de línea doble

Tabla #7a

Número de muestras vrs fuerza de adherencia

Naturaleza de adhesivo: almidón

No muestra [Adim.]	Unidades de pegado [gr/cm ²]			
	#1	#2	#3	#4
1	650	640	600	650
2	610	600	600	600
3	620	620	620	610
4	650	650	640	650
5	630	630	630	640
6	650	650	650	630
7	640	630	640	640
8	640	630	630	630
9	630	650	650	640
10	650	650	640	640
11	600	610	610	620
12	590	610	630	600
13	580	600	610	600
14	590	600	620	610
15	470	430	480	490
16	580	570	590	650
17	600	610	620	610
18	630	620	630	630
19	600	600	610	620
20	590	600	600	610

Los datos dudosos se encuentran encerrados en un cuadro de línea doble.

Tabla #8a

Viscosidad vrs Fuerza de adherencia

A 20% de sólidos

Viscosidad [Cps]	Unidades de pegado [gr/cm ²]			
	#1	#2	#3	#4
1000*	150	140	160	160
1500*	160	160	140	160
2000	180	160	170	180
2500	200	220	230	220
3000	270	260	280	260
3500	320	330	320	330
4000	360	340	360	350
4500	400	410	410	410
5000	430	420	420	460
5500	430	430	440	440
6000	440	440	450	440

Los datos dudosos se encuentran encerrados en un cuadro de línea doble.

* Estas viscosidades se consiguieron a 18% de sólidos.

Tabla #9a

% de sólidos vrs fuerza de adherencia

No muestra [Adim.]	Unidades de pegado [gr/cm ²]			
	#1	#2	#3	#4
18	160	180	170	160
19	240	250	240	260
20	300	310	320	220
21	340	330	350	340
22	400	390	410	410

Los datos dudados se encuentran encerrados
en un cuadro de línea doble.

Valores obtenidos después de aplicar el método de rechazo de datos. El método está descrito en ref 3, cap. 2)

Tabla #1b

Tiempo abierto vrs Fuerza de adherencia
a T. secado = 3 horas

T. abierto [min]	X	Unidades de pegado [gr/cm ²]				Promedio desv.
		#1	#2	#3	#4	
5	152.5	2.5	2.5	7.5	2.5	3.75
10	197.5	2.5	12.5	2.5	17.5	8.75
20	212.5	7.5	12.5	2.5	7.5	7.50
30	230.0	0.0	0.0	10.0	10.0	5.00
60	240.0	0.0	0.0	10.0	10.0	5.00
120	235.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.00

$8.75 * 2.5 = 21.88 > 17.50$ El dato se conserva.

Tabla #2b

Tiempo abierto vrs Fuerza de adherencia

a T. secado = 5 horas

T. abierto [min]	X	Unidades de pegado [gr/cm ²]				Promedio desv.
		#1	#2	#3	#4	
5	197.5	7.5	2.5	2.5	2.5	3.75
10	232.5	17.5	7.5	32.5	7.5	16.25
20	282.5	2.5	17.5	2.5	12.5	8.75
30	292.5	2.5	2.5	7.5	2.5	3.75
60	302.5	7.5	2.5	12.5	7.5	7.50
120	302.5	2.5	2.5	7.5	2.5	3.75

$16.25 * 2.5 = 40.63 > 32.50$ El dato se conserva.

$8.75 * 2.5 = 20.87 > 17.50$ El dato se conserva.

Tabla #3b

Tiempo abierto vrs Fuerza de adherencia

a T. secado = 12 horas

T. abierto [min]	X	Unidades de pegado [gr/cm ²]				Promedio desv.
		#1	#2	#3	#4	
5	240.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
10	270.0	10.0	0.0	20.0	10.0	10.00
20	307.5	12.5	7.5	2.5	7.5	7.50
30	380.0	0.0	10.0	0.0	10.0	5.00
60	400.0	0.0	10.0	10.0	0.0	5.00
120	402.5	2.5	2.5	7.5	2.5	3.75

Tabla #4b

Tiempo abierto vrs Fuerza de adherencia
a T. secado = 24 horas

T. abierto [min]	X	Unidades de pegado [gr/cm ²]				Promedio desv.
		#1	#2	#3	#4	
5	287.5	12.5	7.5	2.5	7.5	7.50
10	317.5	2.5	2.5	17.5	12.5	8.75
20	370.0	10.0	0.0	0.0	10.0	5.00
30	417.5	2.5	2.5	7.5	2.5	3.75
60	465.0	15.0	15.0	5.0	25.0	15.00
120	440.0	20.0	0.0	10.0	10.0	10.00

15.0 * 2.5 = 37.5 > 25 El dato se conserva.

10.0 * 2.5 = 25.0 > 20 El dato se conserva.

Tabla #5h

Número de muestras vrs Fuerza de adherencia

Naturaleza del adhesivo: vinil-monómero

# muestras [adim]	X	Unidades de pegado [gr/cm ²]				Promedio desv.
		#1	#2	#3	#4	
1	437.5	2.5	7.5	2.5	2.5	3.75
2	430.0	0.0	0.0	10.0	10.0	5.00
3	397.5	17.5	2.5	2.5	12.5	8.75
4	440.0	0.0	10.0	0.0	10.0	5.00
5	430.0	0.0	0.0	10.0	10.0	5.00
6	445.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.00
7	457.5	2.5	2.5	7.5	2.5	3.75
8	407.5	12.5	2.5	7.5	7.5	7.50
9	430.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
10	442.5	2.5	2.5	2.5	7.5	3.75
11	415.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.00
12	395.0	5.0	25.0	5.0	15.0	12.50
13	390.0	20.0	10.0	10.0	40.0	20.00
14	442.5	7.5	7.5	12.5	2.5	7.50
15	457.5	2.5	7.5	7.5	12.5	7.50
16	400.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
17	392.5	17.5	12.5	2.5	2.5	8.75
18	420.0	10.0	0.0	0.0	10.0	5.00
19	412.5	7.5	12.5	2.5	7.5	7.50
20	442.5	7.5	7.5	12.5	2.5	7.50

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Tabla #6b

Número de muestras vrs Fuerza de adherencia

Naturaleza del adhesivo: poliuretano.

# muestras [adim]	X	Unidades de pegado [gr/cm ²]				Promedio desv.
		#1	#2	#3	#4	
1	312.5	7.5	2.5	7.5	12.5	7.50
2	322.5	7.5	2.5	7.5	12.5	7.50
3	330.0	30.0	0.0	10.0	20.0	15.00
4	337.5	2.5	7.5	2.5	2.5	3.75
5	322.5	2.5	2.5	7.5	2.5	3.75
6	307.5	7.5	7.5	2.5	12.5	7.50
7	287.5	7.5	7.5	2.5	12.5	7.50
8	287.5	2.5	2.5	7.5	2.5	3.75
9	320.0	0.0	10.0	10.0	0.0	5.00
10	290.0	10.0	40.0	20.0	10.0	20.00
11	300.0	0.0	0.0	20.0	20.0	10.00
12	317.5	2.5	12.5	12.5	27.5	13.75
13	292.5	12.5	2.5	7.5	7.5	7.50
14	292.5	2.5	2.5	2.5	7.5	3.75
15	305.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.00
16	315.0	5.0	5.0	15.0	15.0	10.00
17	325.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.00
18	307.5	7.5	2.5	2.5	2.5	3.75
19	295.0	15.0	5.0	5.0	15.0	10.00
20	290.0	0.0	10.0	0.0	0.0	5.00

15.00 * 2.5 = 37.5 > 30.0 El dato se conserva.

20.00 * 2.5 = 50.0 > 40.0 El dato se conserva.

13.75 * 2.5 = 34.4 > 27.5 El dato se conserva.

Tabla #7b

Número de muestras vrs Fuerza de adherencia

Naturaleza del adhesivo: almidón

# muestras [adim]	X	Unidades de pegado [gr/cm ²]				Promedio desv.
		#1	#2	#3	#4	
1	635.0	15.0	5.0	35.0	15.0	17.50
2	602.5	7.5	2.5	2.5	2.5	3.75
3	617.5	2.5	2.5	2.5	7.5	3.75
4	647.5	25.0	2.5	7.5	2.5	3.75
5	632.5	2.5	2.5	2.5	7.5	3.75
6	645.0	5.0	5.0	5.0	15.0	7.50
7	637.5	2.5	7.5	2.5	2.5	3.75
8	632.5	7.5	2.5	2.5	2.5	3.75
9	642.5	12.5	7.5	7.5	2.5	7.50
10	645.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.00
11	610.0	10.0	0.0	0.0	10.0	5.00
12	607.5	17.5	2.5	22.5	7.5	12.50
13	597.5	17.5	2.5	12.5	2.5	8.75
14	605.0	15.0	5.0	15.0	5.0	10.00
15	467.5	2.5	37.5	12.5	22.5	18.75
16	697.5	17.5	27.5	7.5	52.5	26.25
17	610.0	10.0	0.0	10.0	0.0	5.00
18	627.5	2.5	7.5	2.5	2.5	3.75
19	607.5	7.5	7.5	2.5	12.5	7.50
20	600.0	10.0	0.0	0.0	10.0	5.00

18.75 * 2.5 = 46.87 > 37.5 El dato se conserva.

26.25 * 2.5 = 55.62 > 27.5 El dato se conserva.

55.62 > 52.5 El dato se conserva.

Tabla #8b

Viscosidad vrs Fuerza de adherencia

A 20% de sólidos

Viscosidad [cps]	X	Unidades de pegado [gr/cm ²]				Promedio desv.
		#1	#2	#3	#4	
1000	152.5	2.5	12.5	7.5	7.5	7.50
1500	155.0	5.0	5.0	15.0	15.0	7.50
2000	172.5	7.5	12.5	2.5	2.5	7.50
2500	217.5	17.5	2.5	12.5	12.5	8.75
3000	267.5	2.5	7.5	12.5	12.5	7.50
3500	325.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.00
4000	352.5	7.5	12.5	7.5	7.5	7.50
4500	407.5	7.5	2.5	2.5	2.5	3.75
5000	432.5	2.5	12.5	12.5	27.5	13.75
5500	435.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.00
6000	442.5	2.5	2.5	7.5	2.5	3.75

13.75 * 2.5 = 34.38 > 27.5 El dato se conserva.

Tabla #9b

% de sólidos vrs fuerza de adherencia

% solidos [adim.]	X	Unidades de pegado [gr/cm ²]				Promedio desv.
		#1	#2	#3	#4	
18	167.5	7.5	12.5	2.5	7.5	7.50
19	247.5	7.5	2.5	7.5	12.5	7.50
20	287.5	12.5	22.5	32.5	67.5	33.75
21	340.0	0.0	10.0	10.0	0.0	5.00
22	402.5	2.5	12.5	7.5	7.5	7.50

$33.75 * 2.5 = 84.38 > 67.5$ El dato se conserva.

Bibliografía

- 1o. Andercol. adhesan 518, folleto técnico.
Colombia: Edit. Andercol S.A. 1,990. 12 pp.
- 2o. Basf company. Kaurit 285, 275, folleto técnico.
Alemania: Edit. Basf Co. 1,978. 5 pp.
- 3o. Day, Underwood. Química analítica cuantitativa.
2o. edición. México: Edit. Prentice Hall. 1,989.
- 4o. Dietz A. G. H. ASTM Special Technical publica-
tion. USA: s.p.i. 1,952. No. 138, 78 pp.
- 5o. Dupont Company. Elastomers for adhesives.
USA: Editorial Dupont. 1,987, pag 11, 12 y 13.
- 6o. Fisher Scientific. The fisher catalog, fisher
company. USA: Edit. Fisher Scientific. 1,992.
pag 1330.
- 7o. Gardner Paul, N. Catalog/Sward. USA: Edit. Gardner
publisher. 1,992 pag 899, 33 - 36.
- 8o. Morton company. Irostick, folleto técnico.
Usa: Edit. Morton Co. 1,991. 24pp.
- 9o. Perry Robert, Chilton Cecil H.
Manual del Ingeniero Químico. 5o. edición.
México. Edit. McGraw Hill. 1,973 pag 23-00
23-74, 33-2.
- 10o. Quindeca S.A. Manual de laboratorio de control
de calidad. Guatemala: s.p.i. 1,992. 250 pp.

- 11o. Skeist, Irving. Handbook of adhesives. second edition. USA: Edit. Van nostrand Reinhold. 1,976. pag 3 - 33, 72 - 92, 343 - 386, 446 - 465.
- 12o. Taylor, A George. Ingenieria económica. 7o. edición. Guatemala: editorial limusa. 1,976. pag.268 - 271.
- 13o. Torres, Sergio Antonio. Ingenieria de plantas. Guatemala: s.p.i. 1,983. pag 51 - 55.
- 14o. Tosho Co. Skyprene Toyo, folleto técnico. Japon: Edit. Tosho Co. 1,987. 25 pp.
- 15o. Union Carbide. Ucar Bondr 402, folleto técnico. Usa: Edit. Union Carbide. 1,992. 60 pp.