

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
SEDE LATACUNGA**

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**DISEÑO Y CONSTRCCION DE UN EQUIPO DE REPARACIÓN DE
MATERIALES COMPUESTOS**

ELABORADO POR:

**Franklin Efraín Romero Bustillos
David Ramiro Chasi Culqui**

Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del grado de:

Ingeniero Electromecánico

2007

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los señores David Ramiro Chasi Culqui y Franklin Efraín Romero Bustillos bajo nuestra dirección.

Fecha

Ing. Marco Singaña

Ing. Miguel Carvajal

DEDICATORIA

A mi Hijo: Ricardo D. Romero H.

A mi Madre: Rosa I. Bustillos A.

A mi Padre: Fausto R. Romero V.

Franklin E. Romero B.

A mi Padre: Ramiro Chasi

A mi Madre: Elsa Culqui

A mi Hermana: Paulina Elizabeth

David R. Chasi C.

AGRADECIMIENTO

Para mis compañeros, mis profesores y para la ESPE.

Franklin E. Romero B.

Para la ESPE, la Facultad de Electromecánica y mi compañero/amigo de tesis Franklin Romero por el tiempo otorgado para alcanzar un objetivo importante en mi vida.

David R. Chasi C.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

<u>CONTENIDO</u>	<u>Página No.</u>
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iii
LISTADO DE TABLAS.....	iv
LISTADO DE FIGURAS	v
LISTADO DE FIGURAS	v
LISTADO DE ANEXOS	viii
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	3
1.3. OBJETIVO FINAL	3
CAPÍTULO II.....	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. ESTRUCTURAS DE MATERIALES COMPUESTOS.....	5
2.2. DESCRIPCIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, ARAMIDA Y FIBRA DE CARBONO.....	7
2.3. ORIENTACIÓN DE LAS FIBRAS	11
2.4. ESTILOS DE TEJIDOS	13
2.5. MATERIALES MATRICES.....	16
2.6. MATERIALES NÚCLEO.....	22
2.7. HOJAS DE INFORMACIÓN DE SEGURIDAD DE MATERIALES	24
2.8. CONFIGURACIÓN DE LA BOLSA DE VACÍO	25
2.9. PROCESO DE REPARACIÓN CON BOLSA DE VACÍO.....	27
2.10. PROCEDIMIENTO DE REPARACIÓN.....	33
CAPÍTULO III.....	43
3. DISEÑO DEL EQUIPO	43
3.1. SELECCIÓN	43
3.2. DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO	66
3.3. PROGRAMACIÓN.....	67
CAPÍTULO IV.....	2
4. IMPLEMENTACIÓN.....	2
4.1. HARDWARE	2
4.2. PERIFÉRICOS	5
4.3. CIRCUITOS DE DISPARO PARA TIRISTORES	6
4.4. TIRISTORES	7
4.5. HEAT BLANKET	10
4.6. CIRCUITOS DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL.....	12
4.7. GENERADOR DE VACÍO	16
4.8. PRUEBAS DE OPERACIÓN	16
4.9. AJUSTE Y PUESTA A PUNTO.....	30
CAPÍTULO V	38
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
5.1. CONCLUSIONES.....	38
5.1. RECOMENDACIONES	39

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2.1. Instrucciones de curado para adhesivos.	37
Tabla 2.2. Instrucciones para mezclar correctamente el adhesivo BMS 5-92, Type I.	37
Tabla 3.1. Características técnicas del sensor de vacío PMC131-A22F1A3C.....	44
Tabla 3.2. Características técnicas de la DAQ 6008	53
Tabla 3.3. Características técnicas del generador de vacío AV191H.....	58
Tabla 3.5. Características técnicas de la manguera de presión negativa.	62
Tabla 3.6. Características técnicas de los acoples.	63
Tabla 3.7. Tabla de datos obtenidos experimentalmente.....	73
Tabla 3.8. Milivoltios correspondientes a Grados Celsius.	78
Tabla 3.9. Voltios correspondientes a pulgadas de mercurio de vacío.....	78
Tabla 3.10. Voltaje en la red correspondientes al voltaje de corriente continua del sensor de voltaje.	79
Tabla 3.11. Características de los controladores P, I y D.	84
Tabla 4.1. Características de la computadora.	3
Tabla 4.2. Características de la fuente de poder.	3
Tabla 4.3. Características de la DAQ.	3
Tabla 4.4. Características del sensor de vacío.	3
Tabla 4.5. Características de las termocuplas.....	4
Tabla 4.6. Características del acondicionador de señal.	4
Tabla 4.7. Características del seguidor de impedancias.	4
Tabla 4.8. Características del circuito de disparo.	4
Tabla 4.9. Características del tiristor de potencia.....	5
Tabla 4.10. Características del sensor de voltaje.....	5
Tabla 4.11. Características del presóstato.	5
Tabla 4.12. Características técnicas del TRIAC ECG 56030.....	10
Tabla 4.13. Descripción de características técnicas del TRIAC de potencia.	10
Tabla 4.14. Características técnicas del CI LM358N.....	14
Tabla 4.15. Características técnicas del generador de vacío	16
Tabla 4.16. Funciones de tendencia y errores para corrección de temperatura.....	31
Tabla 4.17. Errores relativos en la corrección de temperatura.	32
Tabla 4.18. Datos de voltaje de salida obtenidos experimentalmente para el sensor de vacío.	33
Tabla 4.19. Datos se salida obtenidos del sensor de voltaje.....	34
Tabla 4.20: Datos de Voltaje Vs. Angulo de disparo.	37

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2.1. Tela de fibra de vidrio.....	8
Figura 2.2. Tela de Kevlar.....	9
Figura 2.3. Carbón/Grafito	11
Figura 2.4. Todo diseño, fabricación y trabajo de reparación empieza con la orientación del tejido.....	12
Figura 2.5. Cuando la mayoría de todas las fibras corren en una dirección, la resistencia del tejido está en aquella dirección.....	13
Figura 2.6. Kevlar Bidireccional.....	14
Figura 2.7. Glass Mat.....	14
Figura 2.8. Tejido trenzado.....	15
Figura 2.9. Viga “I”.....	15
Figura 2.10. Letrero de Instrucciones del Fabricante.....	19
Figura 2.11. Técnica de Fabricación de Pre-Pregs.....	20
Figura 2.12. Material pre-preg Unidireccional.....	21
Figura 2.13. Componentes de una Estructura Sándwich.....	23
Figura 2.14. Dimensiones del núcleo panal de abeja.....	24
Figura 2.15. Válvula de vacío.....	27
Figura 2.16. Remoción del panal de abeja utilizando el router.....	28
Figura 2.17. Ejemplo de reparación – el tamaño total de la reparación sería 9” de diámetro.....	29
Figura 2.18: Cortado de piel en escalones.....	30
Figura 2.19. Remoción de material dañado con corte inclinado.....	30
Figura 2.20. Heat Blanket.....	33
Figura 2.21. Especificaciones para el doubler de reparación al ras.....	34
Figura 2.22. Diagrama de las partes de reparación para un daño en todo el espesor honeycomb y una piel.....	35
Figura 2.23. Diagrama de las partes de reparación para un daño en todo el espesor del honeycomb y las dos pieles.....	36
Figura 2.24. Diagrama del Core Blanket de Aluminio.....	36
Figura 2.25. Tiempo de curado Vs. Temperatura de curado del adhesivo BMS 5-141.....	38
Figura 2.26. Instalación del doubler.....	41
Figura 2.27. Instalación del doubler Sección A-A.....	41
Figura 2.28. Aplicación de presión durante el curado de paneles planos.....	42
Figura 3.1. Sensor de vacío PMC131-A22F1A3C.....	44
Figura 3.2. Grafico de una termocupla y sus partes constitutivas.....	45
Figura 3.3. Voltaje generado por la termocupla en función de la temperatura.....	45
Figura 3.4. Código de colores de Termocuplas.....	46
Figura 3.5. Termocupla Tipo J.....	48
Figura 3.6. Heat Blanket.....	49
Figura 3.8. Esquema de un sistema de adquisición de datos.....	52
Figura 3.9. Tarjeta de Adquisición de Datos USB 6008.....	53
Figura 3.10. Circuito control de fase.....	54
Figura 3.11. Disposición de terminales del TRIAC.....	55
Figura 3.12. Formas de onda del TRIAC y la carga.....	56
Figura 3.13. Principio de Venturi.....	57

Figura 3.14. Generador de Vacío.....	58
Figura 3.15. Conductores de conexión.	59
Figura 3.16. Conectores miniatura macho y hembra para termocupla.....	60
Figura 3.17. Conector para sensor de vacío.....	60
Figura 3.19. Mangueras del Sistema neumático.....	61
Figura 3.20. Manguera de presión de vacío.	62
Figura 3.21. Acoples de desconexión rápida.....	63
Figura 3.22. Presóstato con capacidad de trabajo hasta 150 [psi].	64
Figura 3.23. Circuito detector de bajo voltaje.	64
Figura 3.24. Fusible y porta fusible de protección.	65
Figura 3.25. Circuit Breakers de Protección	66
Figura 3.26. Estrategia de Newton Rapson.	70
Figura 3.27. Diagrama de bloques para control de rampas de temperatura.	71
Figura 3.28. Diagrama de bloques para control de temperatura.....	71
Figura 3.29. Indicador de vacío.....	72
Figura 3.30. Circuito de salida de señal analógica sensor de vacío.....	72
Figura 3.31. Limitación entre cero y pi radianes si la raíz es real y mayor que pi o menor que cero.....	73
Figura 3.32. Limitación de la raíz si es que no existe en la iteración n, pero en n-1 tiende a más infinito o menos infinito.....	74
Figura 3.33. Conversión de radianes a voltios para salida analógica DAQ.	74
Figura 3.34. Programa de escritura de datos medidos.	75
Figura 3.35. Control de la estructura case mediante intervalos de tiempo condicionados..	76
Figura 3.36. Programa de monitoreo de variables.....	78
Figura 3.37. Programa de monitoreo de voltaje.	79
Figura 3.38. Alarmas visibles en el panel control.	80
Figura 3.39. Programa de Alarmas.....	81
Figura 3.40. Alarma de falla de termocuplas.	81
Figura 3.41. Lazo básico de control SISO.....	83
Figura 3.42. Efectos de los controladores P, PI, PD, PID.	85
Figura 3.43a. Diagrama de bloques de escritura en un archivo.....	86
Figura 3.43b. Ventana de diálogo de ingreso de setpoint.....	86
Figura 3.43c. Diagrama de bloques del SubVI de escritura en un archivo.	86
Figura 3.44. Diagrama de bloques de cambios de setpoint durante el proceso.....	1
Figura 4.1. Circuito control de disparo y entrega de energía a la carga resistiva.....	7
Figura 4.2. Tarjeta electrónica de control de disparo.	7
Figura 4.3. Tiristor de potencia BTA 26-600B.	8
Figura 4.4. Característica Tensión – Corriente del TRIAC.....	9
Figura 4.5a. Descripción del Heat Blanket.....	11
Figura 4.5b. Heat Blanket.....	11
Figura 4.6. Diseño de la tarjeta electrónica del acondicionador de señal de termocuplas. .	13
Figura 4.7. Circuito de acondicionamiento del sensor de presión de vacío.	14
Figura4.8a. Circuito acoplador de impedancias.	15
Figura4.8b. Diseño de la tarjeta electrónica acoplador de impedancias.....	15
Figura 4.9. Generador de vacío y silenciador.	16
Figura 4.10. Conexiones eléctricas para pruebas de operación.	17
Figura 4.11. Componentes de un material compuesto.....	18
Figura 4.12. Mezcla resina – catalizador.....	19

Figura 4.13. Cambio de coloración producto de la reacción química de resina - catalizador.	20
Figura 4.14. Ubicación de las termocuplas antes del proceso de reparación.	20
Figura 4.15. Funcionamiento del equipo de reparación de materiales compuestos.	21
Figura 4.16a. Rampa de Calentamiento.....	21
Figura 4.16b. Rampa de Curado.....	22
Figura 4.16c. Rampa de Enfriamiento.....	22
Figura 4.16d. Tabla de datos obtenidos en el proceso de reparación.	23
Figura 4.17. Material compuesto obtenido durante el proceso de curado.....	25
Figura 4.18. Funcionamiento de luz indicadora del tiempo de calentamiento.	27
Figura 4.19. Funcionamiento de luz indicadora del tiempo de curado.....	27
Figura 4.20. Funcionamiento de luz indicadora tiempo de enfriamiento.	27
Figura 4.21. Funcionamiento de Luz indicadora de potencia insuficiente entregada.	28
Figura 4.22. Funcionamiento de Luz indicadora de enfriar el proceso.	28
Figura 4.23. Funcionamiento de Alarma de bajo voltaje.	28
Figura 4.24. Funcionamiento de Alarma de baja presión.....	29
Figura 4.25. Funcionamiento de Alarma de pérdida de vacío.....	29
Figura 4.26. Funcionamiento de Alarma de termocuplas.....	29
Figura 4.27. Circuito de acondicionamiento del sensor de presión de vacío.	32
Figura 4.28. Sensor de voltaje 95-125 [Vac] – Circuito electrónico.....	33
Figura 4.29a. Disparo a 0° con 0 [Vdc] de entrada a la tarjeta de disparo.	36
Figura 4.29b. Disparo a 45° con 0.655 [Vdc] de entrada a la tarjeta de disparo.....	36
Figura 4.29c. Disparo a 90° con 1.31 [Vdc] de entrada a la tarjeta de disparo.	36
Figura 4.29d. Disparo a 135° con 1.965 [Vdc] de entrada a la tarjeta de disparo.....	36
Figura 4.29e. Disparo a 180° con 2.62 [Vdc] de entrada a la tarjeta de disparo.	37

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO A. MATERIAL SAFETY DATA SHEET (FOR COATINGS, RESINS AND RELATED MATERIALS)

ANEXO B. HEAT BLANKET

ANEXO C. BOEING 727 SRM 51-40-20, Pág. 27 – 34

ANEXO D. BOEING 727 SRM 51-40-20, Pág. 72 - 73

ANEXO E. BOEING 727 SRM 51-40-20, Pág. 68 - 74

ANEXO F. BOEING 727 SRM 51-40-20, Pág. 36, Fig. 7

ANEXO G. DATOS TECNICOS DE LOS EQUIPOS

ANEXO H. MANUALES.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describen las metas de este proyecto y cuales son las razones para su implementación.

1.1. ANTECEDENTES

El Centro de Mantenimiento Aeronáutico CEMA, ubicado en la Base Aérea Cotopaxi, Ala de Investigación y Desarrollo No. 12, en la ciudad de Latacunga, como parte constitutiva de la Dirección de la Industria Aeronáutica FAE (DIAF), proporciona a la aviación nacional servicios de mantenimiento aeronáutico y servicios especializados, con un elevado nivel de calidad, a través del desarrollo de un estricto proceso de producción, desde el ingreso de la aeronave hasta la entrega de la misma.

El propósito primordial es garantizar la aeronavegabilidad de la aviación nacional, ahorro de divisas y el incremento de fuentes de trabajo en la región central del país. Los resultados obtenidos le han hecho merecedor al reconocimiento de los sectores involucrados con la actividad aérea nacional.

Este centro de mantenimiento fue creado en el año 1992, en el transcurso de este tiempo ha ganado una basta experiencia en la realización de inspecciones, reparaciones y modificaciones, lo cual le ha permitido realizar trabajos en aeronaves de compañías nacionales y extranjeras.

El CEMA mediante permiso de operación otorgado por la dirección general de aviación (DGAC) No. EM-12E-1N, cumple con los estándares de calidad y normas establecidas en las RDAC 145 (regulaciones de aviación civil) puede proporcionar servicios tales como:

- Inspecciones A, B, C y D para aviones BOEING 727.
- Cumplimiento de Boletines de Servicio (SB's).

- Cumplimiento de Directivas de Aeronavegabilidad (AD's).
- Programas de Control de Corrosión Progresivos (CPCP's).
- Peso y balance de aeronaves.
- Modificaciones.
- Reparaciones menores y mayores.
- Programas de envejecimiento.
- Mantenimiento estructural.
- Tratamiento anticorrosivo.
- Pintura de aeronaves.
- Tratamientos térmicos.

Dentro de los servicios especializados el CEMA cuenta con un laboratorio de Inspecciones no Destructivas (NDI) muy bien equipado con certificación ASNT y reconocido por la DGAC. Las técnicas que están a disposición tanto del sector aeronáutico nacional, como de la industria son:

- Inspección con el método de inspección visual (boroscopía).
- Inspecciones por el método Corriente de Eddy.
- Inspección por método de ultrasonido.
- Inspección por el método de partículas magnéticas.
- Inspección por el método de rayos X (radiografía industrial).
- Inspección por el método de líquidos penetrantes.

Este centro también realiza trabajos de soldadura tales como:

- PAW (Plasma Arc Welding)
- GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)

La tecnología de fabricación de aeronaves ha evolucionado con el uso de materiales compuestos debido a su elevada resistencia y bajo peso (4 veces más resistente que el acero y menor peso comparado con el aluminio). Por lo mencionado anteriormente los clientes del CEMA están cambiando sus flotas por aviones de última generación y tienen la demanda de estaciones reparadoras con capacidad para reparar componentes fabricados con materiales compuestos, por lo que la DIAF tiene la urgente necesidad de implementar

un taller de materiales compuestos con todos los requerimientos que implica su operación. Cabe resaltar que este centro de mantenimiento si ha reparado materiales compuestos pero sin el equipo ni la infraestructura adecuada, razón por la cual la Dirección de Aviación Civil ha sugerido continuar con dichas reparaciones utilizando la infraestructura adecuada.

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

- Se diseñará e implementará un equipo de reparación portátil que ahorrará horas/hombre, porque no existirá la necesidad de desmontar las piezas o componentes de aeronaves que no deben estar mucho tiempo en tierra.
- Posteriormente a nuestro diseño, la DIAF construirá el taller y solicitará a la DGAC le autorice ejecutar las reparaciones de materiales compuestos, tales como RADOMS, que ha venido haciendo para la aviación comercial y del ejercito.
- Con la implementación del equipo portátil de reparación la DIAF podrá satisfacer las necesidades de reparación de sus clientes civiles y militares en cualquier lugar del país.
- La construcción local del equipo de reparación portátil implica un ahorro significativo para la DIAF y un desarrollo para la ingeniería de nuestro país ya que la industria aeronáutica americana recurre a equipos fabricados en Estados Unidos de Norte América.
- Al realizar un software instalable en cualquier PC o Lap-top permite al usuario ahorrar el costo de computadores que cumplen una sola tarea.
- Al introducir el control por computador el usuario podrá solicitar nuevos requerimientos y se podrá realizar nuevas versiones del software que satisficará los requerimientos mencionados.
- Con la habilitación de la DIAF para reparar materiales compuestos las operadoras nacionales ahorrarán tiempo y dinero, debido a que en la actualidad en el país no existe taller alguno que pueda realizar dichos trabajos y, además todo componente dañado se envía al exterior para su reparación.

1.3. OBJETIVO FINAL

Diseñar e implementar un equipo de reparación de materiales compuestos para la DIAF.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar un software que permita controlar, monitorear y registrar todas las variables del proceso de reparación de materiales compuestos.
- Construir el hardware del equipo de reparación de materiales compuestos portátil.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describen los tipos de materiales compuestos, su terminología, su composición y su estructura, así como también el proceso básico en la reparación de materiales compuestos.

2.1. ESTRUCTURAS DE MATERIALES COMPUESTOS

El término *compuestos* es usado para describir dos o más materiales que son combinados para formar una estructura más resistente que cualquiera de esos materiales solos. El más simple de los materiales compuestos está formado por dos elementos: una *matriz* la cual sirve como una sustancia adhesiva y un *material refuerzo*.

Previo a la combinación, la *matriz* está generalmente en estado líquido y el *material refuerzo* es un sólido. Cuando las sustancias son combinadas y curadas, la parte formada es más resistente que el material refuerzo y la resina, individualmente. Muchas veces un tercer componente es añadido en la forma de un *material núcleo*. Todos esos materiales son combinados para hacer una parte más resistente que cuando originalmente esos materiales estuvieron solos.

El concepto de materiales compuestos no es nuevo. El material compuesto más antiguo es el adobe. El adobe es producido por la combinación de dos componentes diferentes para formar ladrillos de construcción. Luego los ladrillos se dejan a curar en el sol; el resultado del ladrillo de construcción es sustancialmente más resistente y durable que cada uno de sus componentes originales. En las décadas de los años 40 y 50 el tejido de fibra de vidrio fue impregnado con resina de poliéster y usado en *fairings*¹, *radomes*², y otros

¹ Fairing: Superficie aerodinámica que disminuye el arrastre aerodinámico cubriendo elementos protuberantes de aeronaves. Son superficies que sirven para enlazar las alas al fuselaje sin cambios bruscos de superficie.

² Radome: Superficie aerodinámica en forma de domo que sirve para cubrir radares en la nariz del avión o radares instalados en la panza de aeronaves.

componentes no estructurales. En los años 50 la *resina epóxica* fue introducida y a sido usada exitosamente con materiales de fibra de vidrio reforzada.

Las partes de fibra de vidrio conseguían reducir considerablemente el peso de un aeroplano, cuando fueron utilizadas para reemplazar el metal. Las partes de fibra de vidrio han sido usadas en lugares, tales como *wing tips*³, *radomes*, conos de cola y muchas otras partes no estructurales. El éxito de esas partes en servicio ha incrementado el uso de materiales compuestos en nuevos modelos (El BOEING 747 tiene más de 10000 [ft²] de superficie de fibra de vidrio en estructura compuesta).

Un menor resurgimiento en el uso de nuevos materiales compuestos ocurrió cuando el carbón/grafito fue introducido como un material refuerzo en el inicio de los años 60. Los compuestos de carbón/grafito fueron usados experimentalmente en aviones militares durante los 60 y 70. El carbón/grafito ahora es un material compuesto avanzado muy común. El Kevlar® fue producido en los años 70 ya hoy ha encontrado un amplio uso en muchas aeronaves. A la par con el desarrollo de nuevos materiales refuerzos, nuevas fórmulas de adhesivos químicos han sido desarrolladas para crear y mejorar los materiales matrices.

El resultado de nuevos desarrollos en tecnología de materiales ha hecho posible el diseño y construcción de aeronaves con mejor rendimiento y mayor eficiencia operativa.

La tecnología de compuestos de aviación ha avanzado al punto en donde son lo suficientemente resistentes para ser usados en componentes principales de aeronaves.

Los compuestos avanzados se han desenvuelto como resultado de la combinación de recientes desarrollos en fórmulas de adhesivos químicos con nuevas o existentes formas de materiales estructurales sólidos para formar componentes livianos y de alta resistencia usados en estructuras de aeronaves. Esos componentes pueden ser referidos como Fibra Plástica Reforzada o FRP (por sus siglas en inglés).

³ Wing Tips: Punta de ala, sirven para disminuir los vórtices formados al unirse el aire con presión negativa de la superficie superior del ala con el aire con presión positiva de la superficie inferior del ala y así mejorar la eficiencia aerodinámica.

Una mala concepción de compuestos avanzados es que ellos pueden ser reparados del mismo modo que las viejas estructuras de fibra de vidrio. Una tentación peligrosa en la industria ha sido relegar la reparación de compuestos a los talleres de fibra de vidrio. La fibra de vidrio en el pasado ha sido usada más para componentes no estructurales. Los *Fairings* han sido hechos con fibra de vidrio y resina de poliéster por años.

Los nuevos avances en compuestos usa tejidos resistentes y resinas matrices las cuales no pueden ser reparadas de la misma forma que la fibra de vidrio y producir la tan alta resistencia. Reparar una parte hecha de compuestos avanzados usando los materiales y técnicas tradicionales que se han usado para reparaciones de fibra de vidrio pueden resultar en una reparación no aeronavegable⁴. Tales reparaciones tradicionales provocan excesivo peso, incrementa sustancialmente la fatiga del material y disminuye la flexibilidad.

Por la ventaja de su resistencia y adaptabilidad para soportar esfuerzos, los compuestos avanzados son usados en estructuras.

Excesivo peso no debe ser añadido aplicando demasiada resina. El tipo de tejido, trenzado y el posicionamiento de los parches tejidos es extremadamente importante en la distribución de esfuerzos impuestos en la reparación.

2.2. DESCRIPCIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, ARAMIDA Y FIBRA DE CARBONO

Fibra de vidrio. Tal como su nombre implica, la fibra de vidrio esta hecha de hebras de cristales de sílice fundido las cuales son trenzadas juntas y tejidas en una tela. Hay muchos diferentes trenzados de fibra de vidrio disponible, dependiendo de la aplicación particular. La extensa disponibilidad de fibra de vidrio y su bajo costo han hecho de ésta una de las más populares fibras de refuerzo. La fibra de vidrio tiene mayor peso y menor resistencia que la mayoría de fibras. La fibra de vidrio en el pasado ha sido aplicada en aplicaciones no estructurales. El trenzado duro y la resina de poliéster hacen a la pieza frágil.

⁴ Aeronavegable: Aptitud técnica y legal que deberá tener una aeronave para volar en condiciones de operación segura, de tal manera que: (a) Cumpla con su certificado tipo, (b) Que exista la seguridad o integridad física, incluyendo sus partes, componentes y subsistemas, su capacidad de ejecución y sus características de empleo, y (c) Que la aeronave lleve una operación efectiva en cuanto al uso (corrosión, rotura, pérdida de fluidos, etc.), hasta su próximo mantenimiento.

Los dos tipos comunes de fibra de vidrio son *E-glass* y *S-glass*. El *E-glass* es conocido como cristal eléctrico por su alta resistividad. El *E-glass* está compuesto por cristales de borosilicato⁵ el cual es el tipo de fibra de vidrio más usado como fibra de refuerzo.

El *S-glass* es un cristal de silicato-alúmina⁶-magnesia⁷. El *S-glass* es usado donde la alta resistencia a la tensión de la fibra de vidrio es necesaria.



Figura 2.1. Tela de fibra de vidrio.

Cuando es usado con nuevos tipos de matrices y con el apropiado uso de las ciencias en fibras, la fibra de vidrio es una excelente fibra de refuerzo y es usado hoy en día en aplicaciones de compuestos avanzados. Algunas de los nuevos compuestos de fibra de vidrio se comparan favorablemente en términos de relaciones resistencia/peso con los materiales tradicionales, tales como el aluminio. Mediante el uso de métodos muy inteligentes para combinar fibra de vidrio con otras fibras más caras, tales como el Kevlar® o el carbón/grafito, un material híbrido puede ser producido que rinda a bajo costo un material de alta resistencia. Esta mezcla de fibras para formar híbridos es una ciencia exacta que permite un pequeño margen de error. En la Figura 2.1 se muestra una muestra de Tela de Fibra de Vidrio.

⁵ Borosilicato: Sal doble que resulta de la combinación de un borato (Saló éter del ácido bórico) y un silicato (Sal de un ácido silícico obtenida mediante combinación de la sílice con un óxido metálico). Los borosilicatos entran en la composición del vidrio.

⁶ Alúmina: Óxido de aluminio.

⁷ Magnesia: Óxido o hidróxido de magnesio.

Aramida. Una fibra de aramida es usualmente caracterizada por su color amarillo, bajo peso, excelente resistencia a la tensión y remarcada flexibilidad. Aramida es el nombre que se le da a fibras de poliamida aromática. El Kevlar es una marca registrada de *EI DuPont Company* y más conocida como aramida. El Kevlar ordinariamente se estirará una gran cantidad antes de romperse. La resistencia a la tensión de las aleaciones de aluminio está alrededor de los 65000 [PSI], o alrededor de un cuarto de la resistencia del Kevlar. Sin embargo el objetivo en aviación no es necesariamente tener partes resistentes, más bien se prefiere tener una parte que prefiera mucho menos. Usando el Kevlar, un componente puede ser fabricado con al menos la resistencia de su equivalente metálico, con una fracción de peso. En la Figura 2.2 se muestra un ejemplo de aramida.



Figura 2.2. Tela de Kevlar.

El Kevlar de aviación es conocido como *Kevlar 49*. El *Kevlar 29* es usado para botes y el *Kevlar 129* es un material a prueba de balas. Una concepción equivocada acerca del Kevlar es que el tejido de Kevlar es a prueba de balas, y una aeronave está hecha con Kevlar, entonces la aeronave es a prueba de balas. El Kevlar de los chalecos a prueba de balas es típicamente hecho de un diferente trenzado, peso y proceso que el Kevlar para aviación y también omite el material matriz, el cual tenderá a ser una parte más frágil. Dicho chaleco es hecho con múltiples capas de tejidos de Kevlar el cual absorberá el impacto de una bala.

La aramida es un material ideal para el uso en partes de aeronaves que están sujetos a altos esfuerzos y vibraciones. Por ejemplo, algunos de los avances en diseño de helicópteros tienen que usar los tejidos de aramida para fabricar las aspas del rotor principal. La

flexibilidad del tejido de aramida le permite al aspa doblarse y torcerse, absorbiendo mucho de los esfuerzos. En contraste, un aspa hecha de metal podría desarrollar fatiga y esfuerzos por rajaduras, más frecuentemente, bajo las mismas condiciones.

Los materiales de aramida tienen sus desventajas. Porque el estiramiento de la aramida causa problemas cuando ésta se corta. El taladrado de la aramida puede ser un problema cuando la broca agarra la fibra, la jala hasta que se estire al punto de fractura. Este material se verá rizado. Si el material rizado alrededor de los agujeros de los sujetadores o costuras no son selladas este puede actuar como una mecha y absorber humedad. La humedad en forma de agua, aceite, combustible o fluido hidráulico probablemente no dañará la fibra de aramida, pero puede causar problemas con el sistema de resina usado causándolo deterioración, el cual puede causar separación de las capas de láminas. El rizado alrededor del agujero taladrado podría también evitar un apropiado asentamiento del sujetador (perno, tornillo, remache, etc.), el cual puede causar la rápida falla de la junta.

A pesar de que la aramida tiene una gran resistencia a la tensión, ésta no tiene mucha resistencia a la compresión cuando se la compara con el carbón/grafito.

Carbón/grafito. Los americanos son aficionados del término grafito, mientras que a los europeos les gusta carbón. El carbón correctamente describe la fibra, puesto que ésta no contiene estructura de grafito. Indiferentemente de cómo se lo llame, se lo ordena por su número. Si se ordena *Carbón #584* se conseguirá lo mismo que ordenar *Grafito #584*. Este es el mismo material. Algunos manuales de reparación estructural pueden llamarlo por *Carbón #584* en un área determinada y *Grafito #584* en otra. Hasta que un término uniforme se haya decidido, probablemente la forma más fácil para referirse a este material es llamarlo *Carbón/grafito*, en la Figura 2.3 se muestra la estructura del *Carbón/grafito*.

Esta fibra negra es muy resistente, dura y usada por sus características de rigidez. Los compuestos de carbón/grafito son usados para fabricar componentes de la estructura principal tales como costillas y superficies de piel de las alas. Incluso aviones muy grandes pueden ser diseñados con un muy reducido número de mamparas de refuerzo, costillas y largueros, gracias a la alta resistencia y alta rigidez de los compuestos de fibra de carbono.

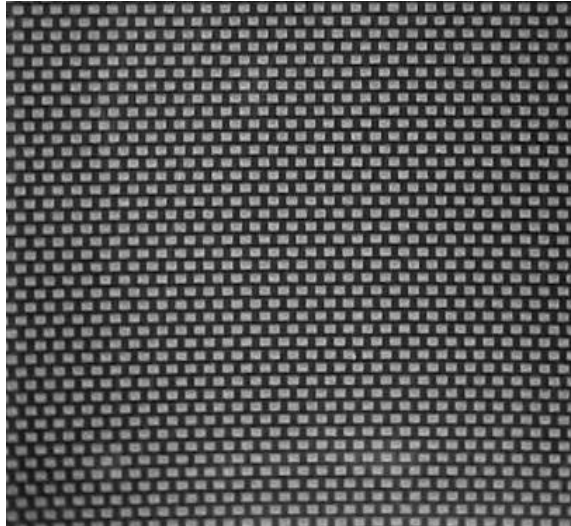


Figura 2.3. Carbón/Grafito

El carbón/grafito es más resistente bajo compresión que el Kevlar, sin embargo éste es más frágil que el Kevlar. El carbón/grafito tiene el problema de ser corrosivo cuando es adherido al aluminio. Técnicas de control de corrosión especiales son empleadas cuando materiales de carbón/grafito están en contacto con componentes de aluminio. Usualmente una capa de fibra de vidrio es usado como una barrera y el aluminio es anodizado⁸, imprimado y pintado antes de ensamblarlos.

Cabe destacar que adicionalmente a estas fibras citadas anteriormente, existen otras, tales como Boron y Cerámica pero no son utilizadas comúnmente hoy en día en la aviación.

2.3. ORIENTACIÓN DE LAS FIBRAS

Algunos de los términos, los cuales son utilizados para describir la orientación de las fibras son enumerados a continuación.

2.3.1. TERMINOLOGÍA: WARP, WEFT, SALVAGE EDGE, BIAS

Warp. Los hilos los cuales corren la longitud de los tejidos son conocidos como *warp*, en español urdimbre⁹. La dirección de la urdimbre es diseñada a 0 grados. En una aplicación,

⁸ Anodizado: Protección de las superficies metálicas con una finísima capa de óxidos aplicada por procedimientos electroquímicos.

⁹ Urdimbre: Conjunto de hilos, yuxtapuestos paralelamente en la dirección del tejido, por entre los cuales pasa la trama para formar el tejido.

típicamente hay más hilos trenzados en la urdimbre que en la dirección del *fill* (relleno). Este material será más fuerte en la dirección de la urdimbre que en la dirección del relleno. En la Figura 2.4 se indica la terminología anteriormente mencionada.

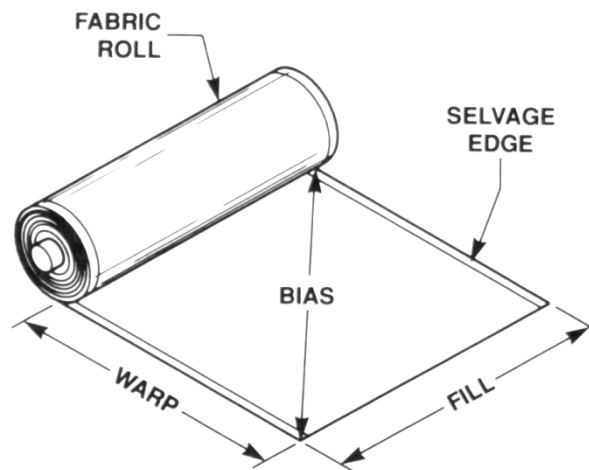


Figura 2.4. Todo diseño, fabricación y trabajo de reparación empieza con la orientación del tejido.

Puesto que la dirección de la urdimbre es usualmente crítica en la fabricación o reparación de compuestos, estos pueden ser identificados insertando otros tipos de hilos a intervalos periódicos. El plástico de respaldo en la parte inferior de los materiales pre-impregnados también pueden ser marcados para identificar los hilos de la urdimbre.

Weft (fill). Los hilos del *weft*, en español trama, son aquellos que corren perpendicularmente a las fibras de la urdimbre. Ellos son diseñados a 90 grados. Los hilos del *fill* o *weft*, son los que se entretajan con los hilos del *warp*.

Selvage edge. Un borde tejido apretadamente por el tejedor previene que los bordes se enreden es conocido como *selvage edge*, en español borde. Este es paralelo a los hilos de la urdimbre. El *selvage edge* es removido para toda la fabricación y trabajos de reparación, porque los trenzados son diferentes que el cuerpo del tejido y no darían la misma resistencia como el resto del tejido.

Bias. El *bias* está a un ángulo de 45 grados de los hilos del *warp*. El tejido puede ser formado en figuras contorneadas usando el *bias*. Los tejidos pueden a menudo ser estirados

a lo largo del *bias*, pero raramente a lo largo del *warp* o del *weft*. Esto es importante para tener en mente si esto es necesario envolver un tejido alrededor de una figura contorneada.

2.4. ESTILOS DE TEJIDOS

Comúnmente los materiales pueden ser encontrados en algunos estilos que son usados en la construcción de aeronaves:

2.4.1. UNIDIRECCIONAL, BIDIRECCIONAL, MATS, TEJIDO TRENZADO, HÍBRIDOS

Unidireccional. La mayoría de las fibras corren en una dirección dando mayor fuerza en esa dirección. A esto se le conoce como unidireccional. Este tipo de tejido no es trenzado una fibra junto a otra. Algunas veces, pequeños hilos que cruzan transversalmente son usados para soportar la mayoría de fajos de fibras en su lugar, pero esto no se considera que se trence una fibra junto a otra. Ocasionalmente se puede ver un tipo diferente de hebra a lo largo de la mayoría del tejido la cual es usada para alinear correctamente el tejido. Los tejidos unidireccionales pueden ser laminados juntos con las fibras de cada capa corriendo en una dirección diferente que la primera capa. Las cintas son unidireccionales y usualmente solamente de material carbón/grafito. Es menos caro que los tejidos (telas), y crea una superficie lisa. Las cintas son algunas veces reemplazadas con tejidos (telas) para trabajos de reparación. Las cintas unidireccionales son usualmente pre-impregnadas con resina por que los materiales unidireccionales son difíciles de aplicarles resina manualmente. A continuación en la Figura 2.5 se muestra la estructura del Kevlar unidireccional.

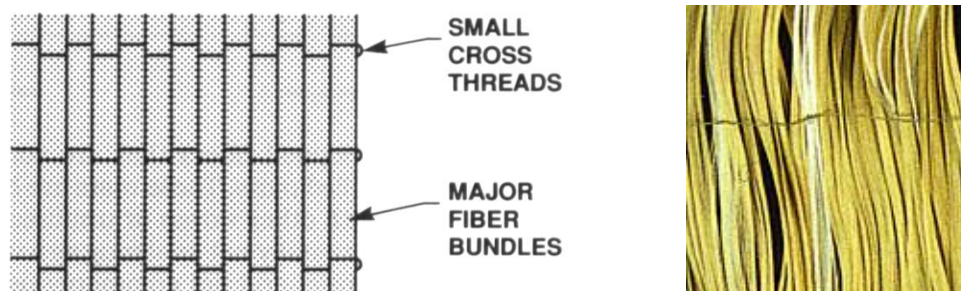


Figura 2.5. Cuando la mayoría de todas las fibras corren en una dirección, la resistencia del tejido está en aquella dirección

Bidireccional o multidireccional. La orientación de sus fibras corre en dos o más direcciones. Usualmente estas son tejidas juntas y pueden verse en diferentes tramas. Nuevamente, los hilos del *warp* (urdimbre) tienen usualmente más fibras trenzadas juntas comparando en el *weft*. También es importante alinear el *warp* del parche con el *warp* de la pieza original. Hay usualmente más fuerza en la dirección del *warp* que en la dirección del *fill*. En la Figura 2.6 se muestra la estructura del Kevlar Bidireccional.

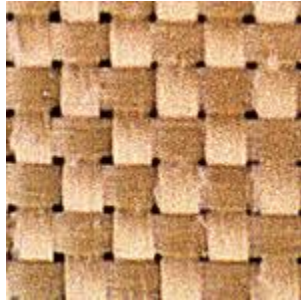


Figura 2.6. Kevlar Bidireccional.

Mats. Las fibras troceadas que son comprimidas juntas son usualmente llamados *mats*, en español enmarañado. Estos *mats* son típicamente usados en combinación con otras capas de fibras unidireccionales o multidireccionales. Un *mat* no es usualmente fuerte como un tejido unidireccional o bidireccional, y no es comúnmente usado en trabajos de reparación. A continuación en la Figura 2.7 se muestra la estructura microscópica de un Glass Mat.



Figura 2.7. Glass Mat.

Fabric weaves (Tejidos Trenzados). Estos tejidos se forman al trenzar más cantidad de fibras dando como resultado una tela más pesada, resistente a la delaminación, más tolerante a los daños que los tejidos unidireccionales. El costo de este tejido es usualmente más alto por el costo de su producción. En la Figura 2.8 se muestra un ejemplo de un tejido trenzado.

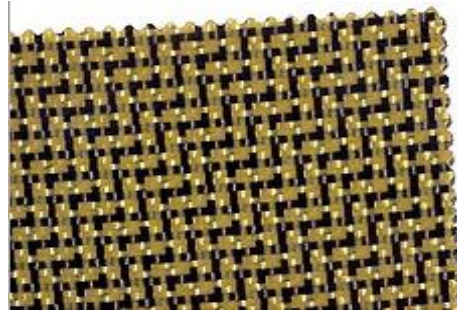


Figura 2.8. Tejido trenzado.

Hybrids (Híbridos). Un fabricante puede diseñar una parte usando diferentes tipos de combinaciones de fibras (híbridos) para confeccionar una pieza más resistente o para reducir costos. Esto puede ser hecho de varias maneras. Los diferentes materiales son combinados para dar las características de cada una de las diferentes fibras. Por ejemplo, el Kevlar puede ser combinado con Carbón/grafito para producir una estructura que combine la flexibilidad del Kevlar con la tiesura del Carbón/grafito. Otro ejemplo podría ser la combinación de Kevlar y fibra de vidrio para producir un menor costo en un material altamente resistente. Las fibras pueden ser selectivamente ubicadas para dar mayor resistencia y flexibilidad o reducir costos. La viga en I mostrada en la Figura 2.9 puede usar carbón/grafito donde la tiesura es deseada y pegado en fibra de vidrio para reducir el costo de la estructura en una ubicación seleccionada.

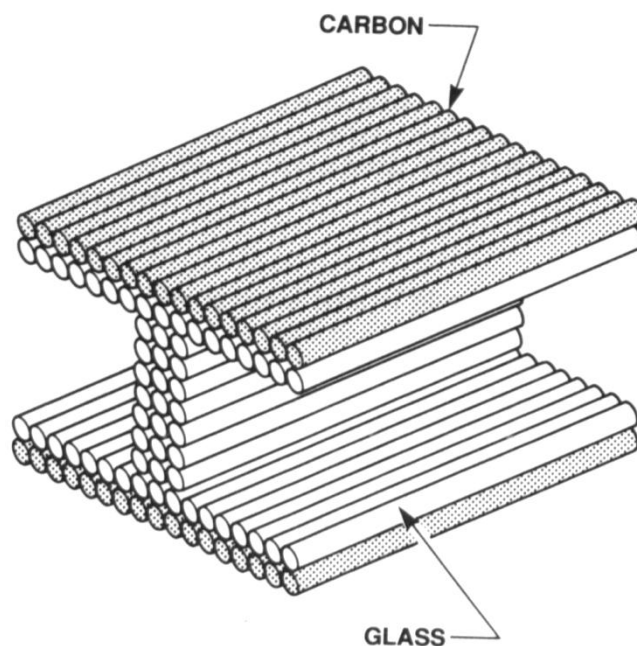


Figura 2.9. Viga "I"

2.5. MATERIALES MATRICES

La matriz es el material adhesivo que envuelve completamente la fibra para dar resistencia y transferir los esfuerzos a las fibras. La clave de la resistencia de un compuesto está en la habilidad de la matriz para transferir los esfuerzos a las fibras de refuerzo. Un compuesto “avanzado” es el tipo de compuesto el cual usa varias técnicas de fabricación, nuevas fórmulas de matrices con nuevos tejidos reforzados.

Un ejemplo de una fórmula de matriz primitiva es el poliéster. La resina de poliéster ha sido usada con fibra de vidrio en muchas aplicaciones no estructurales como *fairings*. Las viejas fórmulas de poliéster/fibra de vidrio no ofrecían suficiente fuerza para ser usadas en miembros de estructuras principales. Los nuevos materiales matrices muestran un remarcado mejoramiento en las características para distribuir esfuerzos, resistencia al calor, resistencia y durabilidad química. La mayoría de las nuevas fórmulas de matrices para aeronaves con las resinas epóxicas.

La resina matriz es un sistema que consiste de dos partes, una resina y un catalizador, el cual actúa como un agente de curado. Cuando el término resina es usado, muchas veces esto se refiere a ambas partes juntas, no solamente se refiere a la resina. Muchas veces en el manual de mantenimiento puede usarse el término “resina catalizada” indicando que la resina y el catalizador han sido mezclados, pero no necesariamente curada.

2.5.1. SISTEMAS DE MATRICES

Los sistemas matriz-resina son un tipo de plástico. Hay tres categorías principales de plásticos: termoplásticos, termoendurecibles y resina epóxica. Las resinas termoplásticas usan calor para formar la parte en la forma deseada. Esta forma no es necesariamente permanente, sin embargo, si un termoplástico es calentado nuevamente, éste fluirá para tomar otra forma. Un ejemplo de termoplástico es el *Plexiglass*, para fabricar las ventanas de las aeronaves. La forma de la ventana es retenida y enfriada en fábrica. Si la ventana es calentada luego de un tiempo, el plástico fluirá y se deformará.

2.5.2. MATRICES TERMOENDURECIBLES, MATRICES TERMOPLÁSTICAS, RESINAS EPÓXICAS

Termoendurecibles. Usan calor para formar la figura permanentemente. El plástico una vez curado, no puede ser reformado, incluso si éste es calentado. Este proceso es irreversible. Las resinas termoplásticas y termoendurecibles por si solas no tienen suficiente resistencia para usarse en aplicaciones estructurales. Pero cuando son usadas como una matriz y reforzadas con otros materiales, ellos forman una alta resistencia y bajo peso en compuestos estructurales usados hoy en día. En aplicaciones estructurales aeronáuticas se utiliza resinas termoendurecibles.

Termoplásticas. Pueden ser encontradas en los maleteros sobre-cabeza, y en aplicaciones no estructurales. Sin embargo, con los avances de la ciencia de compuestos, las resinas termoplásticas se están encontrando en aplicaciones estructurales de aeronaves. Con el desarrollo de resinas termoplásticas de alta temperatura, ellas pueden ser usadas en lugares donde la temperatura no exceda los 750 [°F] (398 [°C]).

Resina epóxica. Los epóxicos son un tipo de resina plástica termoendurecible. Los sistemas de resina epóxica son bien conocidos por su excepcional adhesión resistencia mecánica y su resistencia a la humedad y químicos. Son muy útiles para pegar materiales diferentes y no porosos, tales como una parte metálica a un componente compuesto.

La calidad de adhesión obtenible es dependiente de la manera en la cual las juntas son diseñadas y las superficies preparadas. Ellas pueden ser diseñadas para diferentes usos; alta temperatura, baja temperatura, rigidez, flexibilidad, rápido curado, curado lento, u otras características. Cada sistema es diseñado para un propósito específico. Por ejemplo, la capota de un motor puede usar un sistema de resina epóxica que soportará altas temperaturas mientras un alerón puede usar un sistema de resina epóxica que está hecho para soportar esfuerzos flectores. Ambas partes son hechas de compuestos avanzados pero ellas son usadas para diferentes propósitos; ambos utilizan sistemas de resina epóxica pero son muy diferentes en su composición química, produciendo estructuras con diferentes características.

2.5.3. ADHESIVOS, RESINAS Y MATERIALES PRE-IMPREGNADOS

Adhesivos. Las resinas vienen de diferentes formas. Algunas resinas son hechas para laminados, de manera que ellas son generalmente de baja viscosidad, y pueden ser trabajados en las fibras. Otros son usados para pegar y son generalmente conocidos como adhesivos por que ellos pueden juntar partes.

Los adhesivos vienen en muchas formas y pueden ser comprados en tarros individuales los cuales son pesados y mezclados juntos. Ellos pueden venir en forma de un cartucho, o en fundas plásticas convenientes. Una de las formas únicas de un adhesivo es cuando este viene en forma de lámina. Este tipo tiene el catalizador y la resina premezclados y distribuido una delgada capa en una lámina de plástico. Se requiere refrigeración de estas láminas, porque si se mantienen a temperatura ambiental las dos partes, es decir, la resina y el catalizador podrían iniciar lentamente el curado. En el congelador el proceso de curado es muy lento y la capa tiene una larga *shelf life*, en español tiempo de durabilidad. Las láminas adhesivas son usadas muchas veces para ayudar a pegar parches pre-impregnados a un área de reparación. La cantidad deseada de adhesivo es cortada y posicionada en su lugar. Aplicando calor causará que la mezcla de resina y catalizador inicie el curado, y el plástico de respaldo pueda ser removido. La segunda parte a ser pegada es ubicada sobre el adhesivo y curada con calor y presión.

Otra forma es los adhesivos en espuma, y son usados para empalmar segmentos de reemplazo de núcleos de *honeycomb*. Cuando se aplica calor al adhesivo se formará una espuma y se expandirá en las hendiduras para un buen pegado.

Resinas. Es importante mezclar apropiadamente el sistema de resina. Si una mezcla inapropiada es usada, esta no podría proveer una adecuada resistencia. Cada parte del sistema de resina es pesado antes de la mezcla. Los sistemas de resina se mezclan en relaciones de peso y de volumen a menos que las instrucciones del tarro indiquen lo contrario.

Si el tipo de resina que se está usando requiere almacenamiento refrigerado, permitir que cada parte se caliente a temperatura ambiente antes de pesar y mezclar. Una resina fría pesará más que la misma cantidad a temperatura ambiente. La fórmula de la matriz para la mayoría de compuestos avanzados es muy exacta. Un pequeño error en la mezcla puede

causar una tremenda cantidad de diferencia en la resistencia del compuesto final. Las instrucciones de mezclado siempre están incluidas en los contenedores de las resinas. Por ejemplo si un fabricante de resina da instrucciones para una relación 100:16 para resina a catalizador para una aplicación es claramente notada en un letrero. A continuación en la Figura 2.10 se muestra un ejemplo de las características del fabricante que se incluye en los tarros.

TYPE OF RESIN, TYPE OF CATALYST
DATE OF MFG, 05/04/88
POT LIFE 30 min. @ 70 DEG. F
MIX RATIO 100/16. A TO B BY WEIGHT
CURE TEMP 007 DAYS @ 077 DEG.F
SHELF LIFE 12 MO. AT 40 DEG. F FROM DOS

Figura 2.10. Letrero de Instrucciones del Fabricante.

Estos requerimientos de mezclado pueden encontrarse en los manuales de reparaciones estructurales.

Una mezcla esmerada ayudará a alcanzar la máxima resistencia. Si un contenedor con residuos de ceras es usado, los solventes en la resina y el catalizador disolverán cualquier cera dentro del contenedor y será mezclada con la resina y el catalizador. Esto puede causar una incorrecta reparación con la posibilidad de que no se cure todo.

Dependiendo de cuán largo es el *pot life*, o *working life* de la resina, que es la cantidad de tiempo a la cual la mezcla de la resina será trabajable, algunos sistemas de resina tienen muy poco *pot life* (15 min), otros tienen un largo *pot life* (4 horas).

El *shelf life* es el tiempo en el cual el producto es aún bueno en un contenedor sin abrir. El *shelf life* varía de producto en producto. Si el *shelf life* es excedido, la resina o catalizador deben ser desechados, porque los dos componentes no producirán la reacción química deseada y el curado de la parte no será lo suficientemente resistente.

Materiales pre-impregnados. Los tejidos pre-impregnados o *pre-pregs* son simplemente tejidos que tienen el sistema de resina impregnado en el tejido. Porque muchas resinas epóxicas tienen alta viscosidad y a veces dificultan la mezcla y aplicación de la resina en

los tejidos. Los tejidos *pre-preg* son hechos para eliminar los problemas causados por las mezclas mal hechas por los usuarios. Los tejidos *pre-pregs* son fabricados sumergiendo los tejidos en una solución de resina. La solución de resina tiene su propia cantidad de resina y catalizador pasados y mezclados juntos. Estos tejidos entonces se secan en torres las cuales removerán cualquier exceso de resina. Entonces una *parting-film*¹⁰ (película separadora) puede ser añadida a uno o ambos lados para prevenir que el tejido se pegue cuando se enrolla, tal como se muestra en la Figura 2.11 que corresponde a la técnica de fabricación de Pre-pregs. Cuando los tejidos *pre-preg* son comprados, estos vienen en rollos usualmente refrigerados y listos para usar.

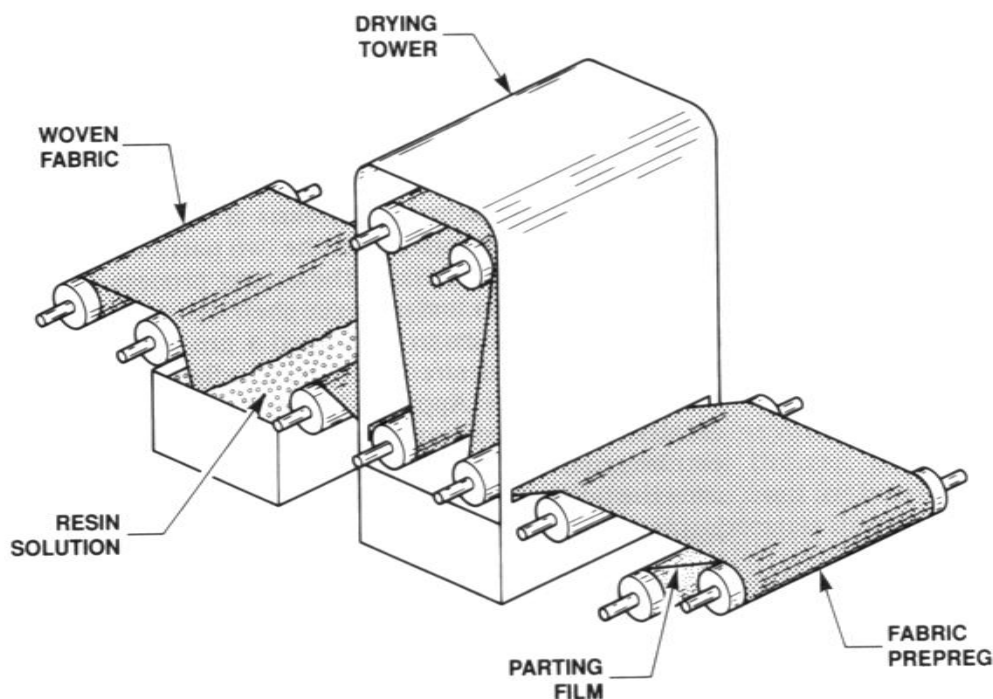


Figura 2.11. Técnica de Fabricación de Pre-Pregs.

Los tejidos *pre-preg* pueden ser materiales unidireccionales en lugar de tejidos trenzados. En este caso, las fibras vienen directamente desde los carretes. Estas son colocadas en la orientación correcta y entonces se aplica calor a una superficie mientras un papel con resina se aplica a la otra superficie. El calor funde la resina del papel e impregna los hilos. El papel y la resina son entonces prensados juntos para impregnar los hilos completamente. A continuación, en la Figura 2.12 se muestra cómo se fabrica un material *pre-preg* unidireccional.

¹⁰ El *parting-film* es una lámina delgada de plástico o acetato que impide que los tejidos pre-preg se peguen entre sí cuando se enrollan.

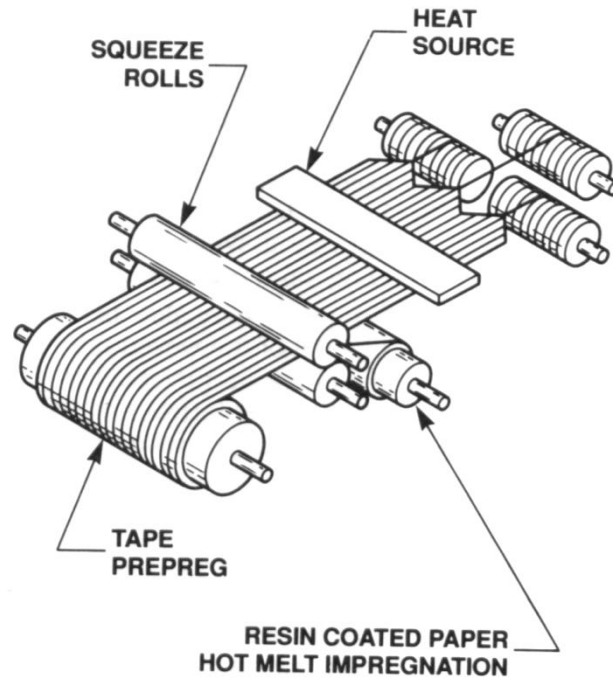


Figura 2.12. Material pre-preg Unidireccional.

Los *pre-pregs* son entonces enrollados y listos para usar. Este material debe ser almacenado apropiadamente, porque la resina y el catalizador ya han sido mezclados juntos.

Los *pre-pregs* fueron inventados para uso de fabricantes de compuestos, para reducir los problemas asociados con el peso y la mezcla de las resinas.

Los tejidos *pre-pregs* también tienen desventajas y algunas de estas son:

- Muchos *pre-pregs* deben ser almacenados en un congelador. Este requerimiento debe ser cumplido. Si algunos *pre-pregs* son dejados a temperatura ambiente por pocas horas, la mezcla resina/catalizador inician su reacción química y el curado. Mientras en el congelador esta reacción química es muy lenta para permitir una larga *shelf life*. Los tejidos *pre-preg* usualmente tienen un limitado *shelf life*, incluso si se mantienen en un congelador. Algunos *pre-preg* deben ser transportados en un almacenamiento frío, el cual puede causar un problema. El término “*out-of-freezer-life*” es el tiempo que el material está actualmente fuera del congelador y está siendo cortado o transportado. Durante este tiempo las resinas son calentadas a temperatura ambiente e inician su curado.

- Los *pre-pregs* son adquiridos en rollos enteros. Muchas compañías no quieren vender pequeñas cantidades, entonces un rollo entero debe ser comprado.
- Los *pre-pregs* son mucho más caros que las fibras que deben ser impregnadas con un sistema de resina en el taller.
- Los componentes hechos de materiales compuestos aún no han sido estandarizados. Cuando se trabaja con aeronaves de metal, todos los fabricantes indican de que material está hecha una pieza en particular, por ejemplo de aluminio 2024-T3, y el usuario puede conocer de que material es. En compuestos, muchos fabricantes usan diferentes tejidos, tipos de fibras, resinas, materiales núcleo y adhesivos en diferentes partes de un avión. En este caso, el encargado de la reparación de compuestos podrá darse cuenta que el tipo de material seleccionado para un alerón, en un avión es completamente diferente que para la capota de un motor, en otro avión.

2.6. MATERIALES NÚCLEO

El material núcleo es el miembro central de un ensamble. Cuando es pegado entre dos capas de láminas delgadas, éste provee un componente rígido y liviano. A las estructuras compuestas fabricadas de esta manera se las conoce como una “construcción en sándwich”. El material núcleo brinda a la estructura una gran distribución de resistencia a la compresión, en la Figura 2.13 se muestra los componentes de un sándwich.

Dos estructuras de núcleo populares son la “espuma” y el “panal de abeja”. Los materiales del núcleo también pueden ser de madera. El panal de abeja tiene una mayor relación resistencia/peso. Si un núcleo de espuma es dañado, este tiene una memoria y retornará a alrededor del 80% de su resistencia original. La mayoría de los núcleos de panal de abeja tienen una pequeña resiliencia¹¹.

¹¹ Resiliencia: Número que caracteriza la fragilidad de un cuerpo, o sea su resistencia a los choques. La resiliencia se determina golpeando una probeta en forma de barra con una masa pendular e imprimiendo a ésta una fuerza cada vez mayor, hasta provocar la ruptura de aquella. Se calcula en Kilográmetros, el trabajo que ha sido necesario para consumar la ruptura y el número hallado se divide por la sección de la probeta en cm^2 . El cociente indica la resiliencia de la muestra, y cuando mayor sea su magnitud, menos frágil es la materia de la probeta.

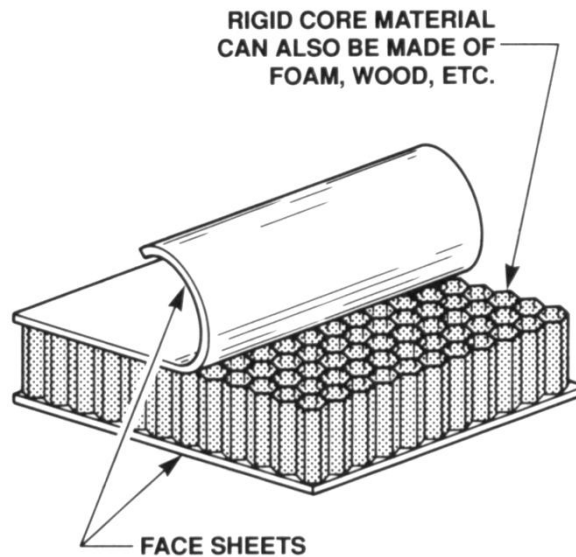


Figura 2.13. Componentes de una Estructura Sándwich

2.6.1. PANAL DE ABEJA, PVC, MADERA

Panal de abeja. Este tipo de estructura núcleo tiene la forma de un panal de abeja natural y tiene una muy alta relación resistencia/peso. Los núcleos de panal de abeja pueden ser contruidos de aluminio, Kevlar, carbón, fibra de vidrio, Nomex¹², o acero.

Es común encontrar esos núcleos de panales de abeja laminados con una variedad de compuestos o pieles metálicas.

Es importante, cuando se hace reparaciones, insertar el reemplazo de núcleo con la misma dirección que el original.

La Figura 2.14 muestra un panal de abeja con sus principales dimensiones, las cuales son:

L = Dimensión de la cinta.

T = Espesor.

W = Ancho.

¹² Nomex: Nomex es un nombre comercial de DuPont y es ampliamente usado como un material núcleo en compuestos avanzados. El Nomex es un material de papel pre-impregnado.

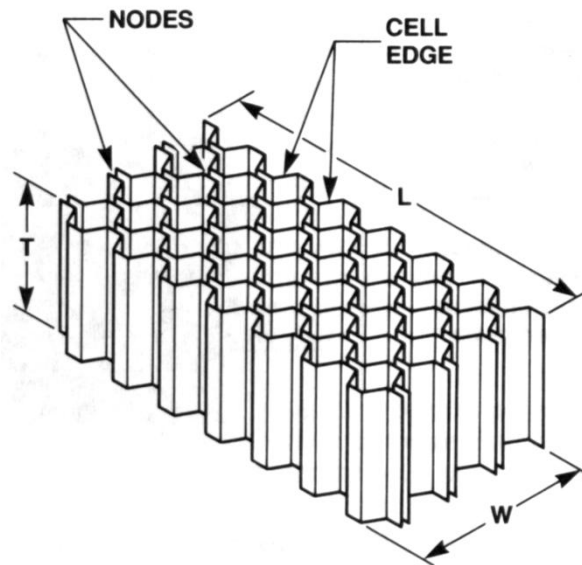


Figura 2.14. Dimensiones del núcleo panel de abeja.

El panel de abeja puede ser pegado a otro con una espuma adhesiva, la misma que viene en forma de cinta. Esta espuma adhesiva se deposita entre las partes a ser unidas y calentada para curar. Durante el proceso de curado la espuma se expande dentro de las hendiduras del panel.

PVC (Cloruro de Polivinilo). La espuma de PVC es usada con cualquier poliéster o resina epóxica. Puede ser segmentado con una cortadora de alambre caliente.

Madera. Madera de balsa o laminaciones de madera dura pegada a láminas de materiales de alta resistencia son usados para algunas construcciones compuestas.

2.7. HOJAS DE INFORMACIÓN DE SEGURIDAD DE MATERIALES

Es importante obtener las hojas de información de seguridad de materiales (MSDS material safety data sheet) para los materiales con los cuales se está trabajando. Los MSDS contienen información sobre precauciones sanitarias, inflamabilidad del material, requerimientos de ventilación e información para profesionales de la salud en caso de un accidente.

Es una ley que todos los materiales peligrosos usados en el taller tengan las hojas MSDS disponibles para la gente que trabaja con esos materiales. Ver Anexo "A".

2.8. CONFIGURACIÓN DE LA BOLSA DE VACÍO

La bolsa de vacío es probablemente el método más efectivo para aplicar presión a una reparación, es recomendado para usar donde sea posible. Si se está trabajando en un área con alta humedad, la bolsa de vacío podría ser usada. La alta humedad puede afectar el curado de las resinas. El sistema de la bolsa de vacío evacua el aire y la humedad. La bolsa de vacío trabaja usando la presión atmosférica para proveer una presión uniforme sobre la superficie de la reparación. La presión atmosférica circundante es mayor al nivel del mar que en lugares de mayor altitud. Consecuentemente la cantidad de vacío generada a nivel del mar es mayor que la obtenida en aeropuertos ubicados en montañas altas. La cantidad de presión variará de acuerdo a la efectividad del sellado del vacío, la cantidad de vacío extraído por el equipo usado y la altitud en la cual se hace la reparación.

En reparaciones que atraviesan el material compuesto, el lado posterior del área dañada debe ser sellado para prevenir el flujo de aire en el área dañada, mientras la reparación se está haciendo al otro lado. En este caso la perforación es sellada en un lado con el material de la bolsa de vacío mientras en el otro lado es reparada con el método de la bolsa de vacío. Cuando el un lado de la perforación se ha curado, el otro lado también puede ser curado. Esta reparación es usualmente hecha en pasos separados.

Proceso de reparación con bolsa de vacío. Una vez que la reparación está hecha y los parches están en su lugar, el área es cubierta con un *parting film* (película separadora) o un *parting fabric* (tela separadora). Esto permite que el exceso de la matriz fluya a la superficie superior y dicho exceso sea sangrado. El *parting film* puede ser fácilmente removido después de que el curado se ha completado y esto previene que el exceso de matriz se pegue a la reparación. El *parting film* produce una superficie liza a la reparación.

El *bleeder material* (material sangrador) es un material absorbente que es colocado alrededor de los bordes o arriba de la reparación para absorber el exceso de matriz.

El *breather material* (material respiradero) es colocado a un lado de la reparación para permitir el flujo de aire a través de él y de la válvula de vacío. Los sangradores y respiraderos pueden ser hechos del mismo material y ser intercambiados en muchos casos.

La válvula de vacío es ubicada encima del *breather material* para remover el aire desde el interior de la bolsa de vacío. Esta válvula de vacío será unida a la manguera de vacío la cual se conecta a la bomba de vacío.

Una *sealant tape* (cinta sellante) es adherida alrededor de los bordes de la reparación. La *sealant tape* en conjunto con la película de la bolsa de vacío, está diseñada para producir un sellado hermético, el cual puede ser removido de la superficie de la aeronave después de que se ha hecho la reparación sin dañar la pintura.

Si una termocupla es usada, ésta deberá ser instalada junto al área de reparación y el cable de la termocupla deberá ser sellado utilizando la *sealant tape* para prevenir fugas de vacío.

Si un *heat blanket*¹³ (manto calefactor) es usado para curar la reparación, un *parting film* debe colocarse sobre la reparación para prevenir que el *heat blanket* se adhiera a la reparación.

Dicha *parting film* debe soportar la temperatura de curado ya que esta estará directamente en contacto con el *heat blanket*. El *heat blanket* debe ser colocado sobre el *parting film*.

El *vacuum bagging film* (película de la bolsa de vacío) es colocado sobre la reparación y los bordes trabajan conjuntamente con el *sealant tape* para producir un sellado hermético. Las películas de las bolsas son hechas de nylon. Estas son resistentes a rasguños y pinchazos, y son para diferentes rangos de temperatura.

Una válvula de vacío es colocada en el *vacuum bagging film* con una rosca desde el lado exterior para lograr un sellado completo. La válvula es unida a la manguera de vacío. La fuente de vacío es conectada a la manguera y encendida. En la Figura 2.15 se indica una válvula de vacío.

¹³ Heat blanket: Son mantos calefactores que son hechos de silicona flexible con bobinas calefactores en su interior, las cuales son controladas mediante una unidad controladora de potencia.

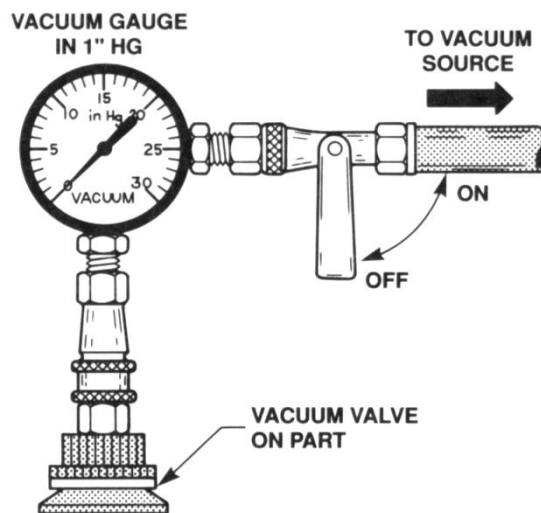


Figura 2.15. Válvula de vacío.

2.9. PROCESO DE REPARACIÓN CON BOLSA DE VACÍO

Los pasos a seguir para reparar con bolsa de vacío son:

a) Determinación del daño.

- Examinar visualmente la extensión del daño.
- Revisar si no a entrado agua, aceite, combustible u otra materia extraña en la vecinidad del área dañada.
- Revisar mediante el golpeteo con una moneda en busca de laminaciones.
- Revisar en el manual de reparaciones estructurales del fabricante los límites de daños reparables.

b) Preparación de la superficie. Utilizando una solución de agua y jabón seguido por un lavado con solvente tal como MEK¹⁴ o acetona. La pintura debe ser removida de la zona de reparación. Removedores de pintura nunca deben ser usados en estructuras compuestas, porque dañan las resinas y tejidos. El lijado manual con lija N° 240 o más fina es recomendado para remover pintura. Una vez que la pintura ha sido removida la zona alrededor de la reparación debe ser enmascarada y solamente la zona de reparación debe estar a la vista.

¹⁴ MEK: Methyl ethyl ketone.

La cantidad apropiada de espacio para la reparación puede ser marcada usando el siguiente procedimiento:

- Delinear el área completa del daño que debe ser cortada y removida
- Expandir el radio de la reparación (asumiendo que la reparación es un círculo) media pulgada por cada lamina de piel la cual deberá ser reparada.
- Si un parche externo debe ser usado extender el radio en una pulgada. Colocar cinta masquin a lo largo de las líneas donde la reparación será realizada. La Figura 2.17 indica un ejemplo del daño de la estructura, sobre la piel con núcleo de 3" de diámetro.

c) **Remoción del núcleo dañado.** Delinear el área donde el núcleo debe ser removido utilizando un lápiz dermatográfico. Cortar la piel dañada con una cuchilla filosa. Entonces remover el núcleo utilizando un *router*¹⁵, tal como muestra la Figura 2.16.

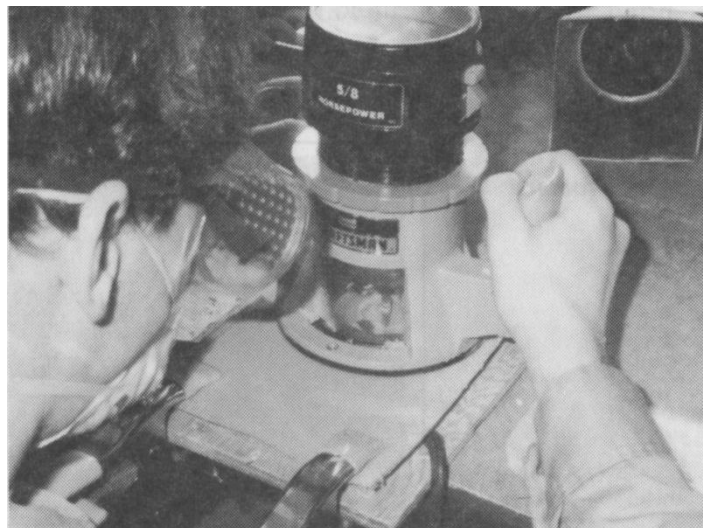


Figura 2.16. Remoción del panel de abeja utilizando el router.

Es recomendado dejar un 1/16 de panel de abeja en el lado opuesto del daño, esto puede ser lijado manualmente para no dañar la piel opuesta.

¹⁵ Router: Es una fresadora manual cuya fresa gira a altas revoluciones (20000 a 30000 rpm). Se emplea para remoción de honeycomb en materiales compuestos dejando un buen acabado.

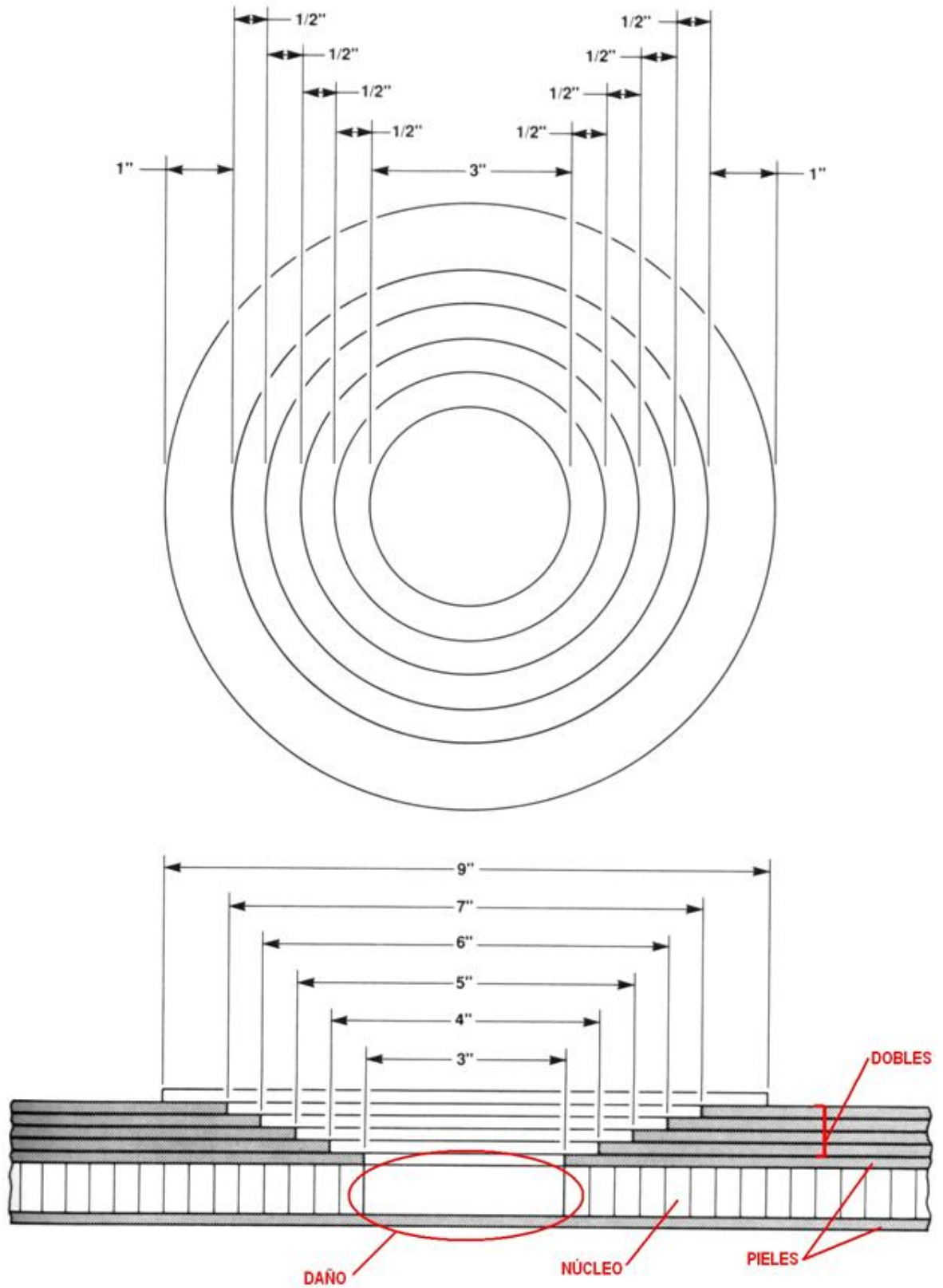


Figura 2.17. Ejemplo de reparación – el tamaño total de la reparación sería 9" de diámetro.

d) Cortado de la piel en escalones y biselado. El corte escalonado consiste en cortar y lijar las capas de la piel en forma escalonada tal como muestra la Figura 2.18.

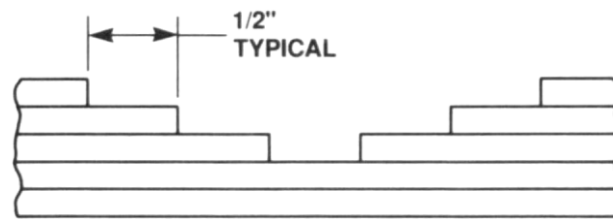


Figura 2.18: Cortado de piel en escalones

El biselado consiste en remover el material dañado con un corte inclinado con la pendiente mostrada en la Figura 2.19.

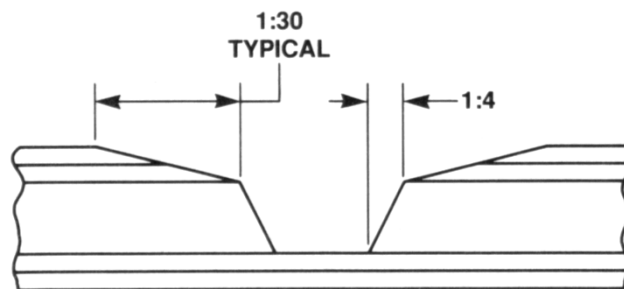


Figura 2.19. Remoción de material dañado con corte inclinado.

La forma en que se remueve el material es decir en forma escalonada o biselada dependerá de las recomendaciones de cada fabricante las cuales pueden encontrarse en los manuales de reparaciones estructurales.

e) Limpieza. Todas las reparaciones deben ser limpiadas después de lijado para crear una superficie que asegure una adecuada adhesión estructural de las capas de reparación. La resistencia de un pegado esta directamente relacionada a la condición de las superficies involucradas en el proceso de adhesión. En el proceso, el técnico puede tocar accidentalmente con sus dedos las superficies; esto no es aceptable, por lo que debe realizarse nuevamente la limpieza. El polvo de lijado puede ser removido utilizando vacío. Un lavado con solvente (MEK, acetona o alcohol butílico) con un estopilla o trapo libre de pelusas servirá para realizar la limpieza. Permitir que el solvente se seque antes de proseguir con la reparación.

No se debe usar aire comprimido porque podría causar delaminaciones de las capas o delaminación de la piel del fondo del núcleo.

- f) **Remoción de agua del área dañada.** La humedad en componentes compuestos puede ser muy peligroso si se dejan remanentes dentro de la estructura durante la reparación, subsecuentemente, después de que la reparación es completada. El agua que es atrapada dentro de la estructura se expandirá cuando sea calentada, provocando una presión que podría causar delaminaciones; de igual manera, si dicha agua es congelada ésta se expandirá, también causando delaminaciones.

El agua puede también actuar como un plastificante¹⁶ reduciendo las características resistencia de las estructuras.

Si el agua no es removida antes de pegar los parches, pueden formarse ampollas, o los parches no se cerrarán completamente provocando que ingrese agua o humedad.

La humedad dentro de una estructura compuesta puede ser detectada mediante el uso de radiografía y holografía¹⁷ láser.

Otro modo para encontrar humedad dentro de una estructura compuesta es usando un óhmetro. Si el óhmetro indica continuidad, cuando las dos sondas son ubicadas en la superficie sospechosa, hay probablemente humedad presente en el material.

Una vez que la humedad ha sido detectada esta debe ser removida utilizando la bolsa de vacío y un Heat Blanket. También puede utilizarse lámparas de calor. Si el agua no puede removerse satisfactoriamente por los métodos mencionados, el área afectada debe ser removida y reparada.

¹⁶ Plastificante: Que plastifica. Producto que se agrega a una materia para aumentar su plasticidad.

¹⁷ Holografía: La holografía es una técnica avanzada de fotografía, que consiste en crear imágenes que por ilusión óptica parecen ser tridimensionales. Para esto se utiliza un rayo láser, que graba microscópicamente una película fotosensible. Ésta, al recibir la luz desde la perspectiva adecuada, proyecta una imagen en tres dimensiones.

2.9.1. HORNO DE CURADO, HEAT BLANKETS

Horno de Curado. Los hornos ofrecen temperatura uniforme y controlada sobre todas las superficies. Algunos hornos tienen puertos de vacío instalados para proveer presión de vacío mientras se está curando.

Los hornos de curado son frecuentemente usados por los fabricantes, para trabajos de reparación. La parte dañada debe ser removida del avión y debe ser lo suficientemente pequeña para que quepa dentro del horno.

Cuando una parte de un avión tiene piezas metálicas adjuntas ésta no puede ser curada en un horno por que el metal se calentará más rápidamente que el compuesto. Este calentamiento desigual o alta temperatura puede deteriorar los adhesivos bajo el metal, causando fallas del pegado.

Los hornos también pueden presentar un problema por el calentamiento de todo el conjunto y no justamente en el área de reparación.

Las áreas las cuales no están siendo reparadas están sujetas a altas temperaturas y puede deteriorar el pegado existente. Los hornos que se usan para curar compuestos deben ser certificados para aquel propósito.

Heat Blankets. Son hechos de goma silicona específicamente diseñados para reparación de compuestos utilizando la técnica de la bolsa de vacío, además permiten la distribución uniforme del calor exactamente donde se necesita.

Su diseño emplea una rejilla envuelta de alambre de alta resistencia eléctrica, vulcanizado entre dos capas de silicona y fibra de vidrio. Este diseño permite resistencia, flexibilidad, durabilidad e igual distribución del calor.

La Figura 2.20 muestra las partes constitutivas de un Heat Blanket. Para selección de Heat Blankets el Anexo “B” ilustra un catálogo de HEATCON.



Figura 2.20. Heat Blanket

2.10. PROCEDIMIENTO DE REPARACIÓN

Para el procedimiento de reparación de la fibra de aluminio (parte dañada) se debe considerar los siguientes aspectos:

APLICABILIDAD: Este procedimiento es aplicable a daños para uno o dos pieles de aluminio y *honeycomb* de aluminio donde la profundidad total del núcleo es reparada con *septum* (tabique de separación) y dos núcleos de reparación.

PRECAUCIÓN: No usar *doublers* de CLAD 7075, puede presentarse corrosión galvánica en la reparación. Todas las otras aleaciones de aluminio son aceptables.

Esta reparación es aplicable a daños de 64 [in²], la máxima longitud permitida es 12 [in].

INSTRUCCIONES DE REPARACIÓN.

- 1) Encontrar los límites del daño utilizando ensayos no destructivos, se recomienda utilizar el método *Coin Tap Test*¹⁸ por ser económico y efectivo.
- 2) Remover la pintura del área dañada utilizando removedor químico aplicable para el aluminio.
- 3) Remover el área dañada utilizando el *router*, todas las esquinas deben tener un radio de 0.5 [in] y lijar todos los bordes filosos y rebabas.

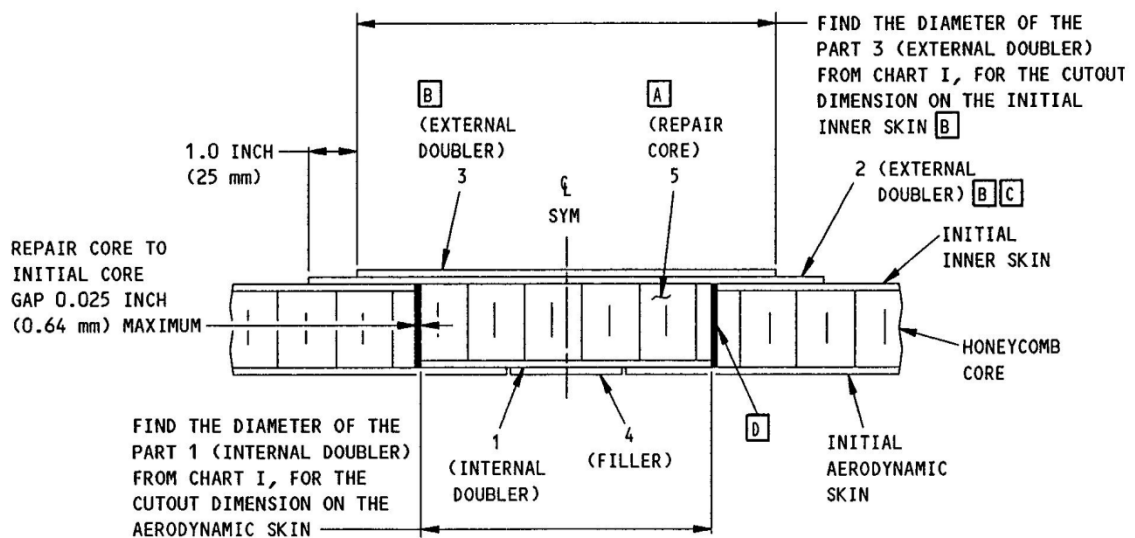


Figura 2.21. Especificaciones para el doubler de reparación al ras.

Refiérase al Anexo "D" para definiciones de las *flag notes*. (Cuadros [A], [B], [C], [D]).

- 4) Limpiar el área dañada utilizando un trapo suave y humedecido con MEK.
- 5) Inspeccionar la piel inicial en el lado opuesto del área de reparación. Si se encuentra que la piel en el lado opuesto de la reparación está dañada, entonces se debe instalar un *internal doubler* (doble interno) en esta piel antes de continuar con la reparación; tal como se muestra en la Figura 2.21, de instalación del *doubler* (doble) de reparación interno y el *filler* (relleno) y entonces se puede continuar con el procedimiento de

¹⁸ Coin Tap Test: Método para hallar imperfecciones internas, o áreas sospechosas de delaminaciones. Se escucha variaciones en el sonido del golpeteo. Un sonido sólido agudo indica un buen pegado. Un golpe sordo indica separaciones. Sin embargo, cambios en el espesor de la parte, refuerzos, sujetadores y previas reparaciones pueden dar falsas lecturas. Siempre que el daño se encuentra visualmente golpetear con la moneda alrededor del área para encontrar los daños, como delaminaciones, que no pueden observarse visualmente.

reparación. Si no se encuentra que la piel del lado opuesto no esta dañada entonces ver la Figura 2.22 y 2.23 para continuar con la reparación.

- 6) Hacer un *core blanket* y un *septum* de aluminio tal como se muestra en la Figura 2.24. Se debe aplicar una capa de conversión química y primer epóxico al *septum*.
- 7) Antes de pegar el *septum* a las láminas de *honeycomb* asegúrese que la separación entre el *septum* y las superficies del *honeycomb* sea de 0.1 [in] máximo.
- 8) Pegar el *septum* a las dos láminas de *honeycomb* como indica la Figura 2.24.
- 9) Curar el *core blanket*. Ubicar dos termocuplas dentro de las celdas del *honeycomb* cerca del *septum* para monitorear la temperatura de curado. Aplicar presión al *core blanket* utilizando abrazaderas, cilindros hidráulicos o bolsas de arena y la bolsa de vacío. Aplicar calor utilizando el *heat blanket*, monitoreando la temperatura con las termocuplas y asegurándose que la razón de incremento de temperatura no sea mayor de 5[°F] por cada minuto. Refiérase a la Tabla 2.1 y Tabla 2.2 para instrucciones de curado para adhesivos e instrucciones para mezclar correctamente el adhesivo BMS 5-92 Tipo I.
- 10) Remover las termocuplas de las celdas del *honeycomb* luego de que el curado se ha completado.

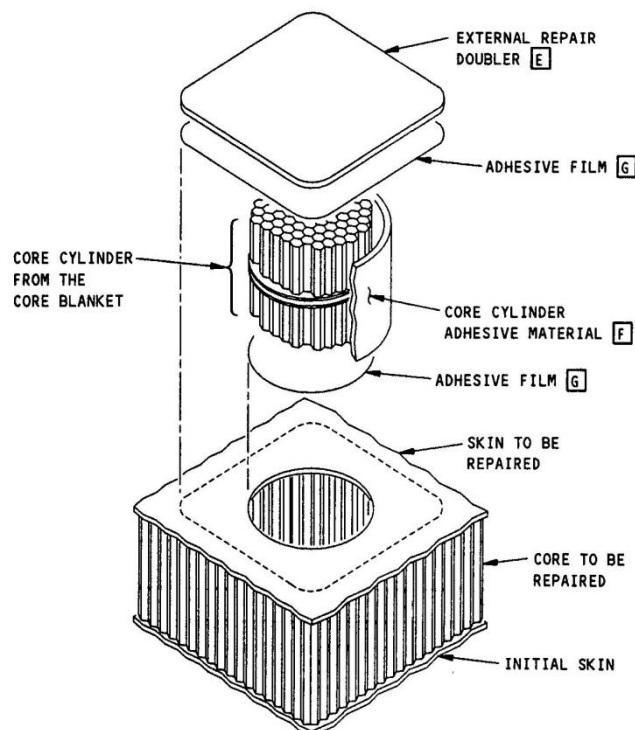


Figura 2.22. Diagrama de las partes de reparación para un daño en todo el espesor honeycomb y una piel.

Refiérase al Anexo "E" para definiciones de las *flag notes* (Cuadros E, F, G).

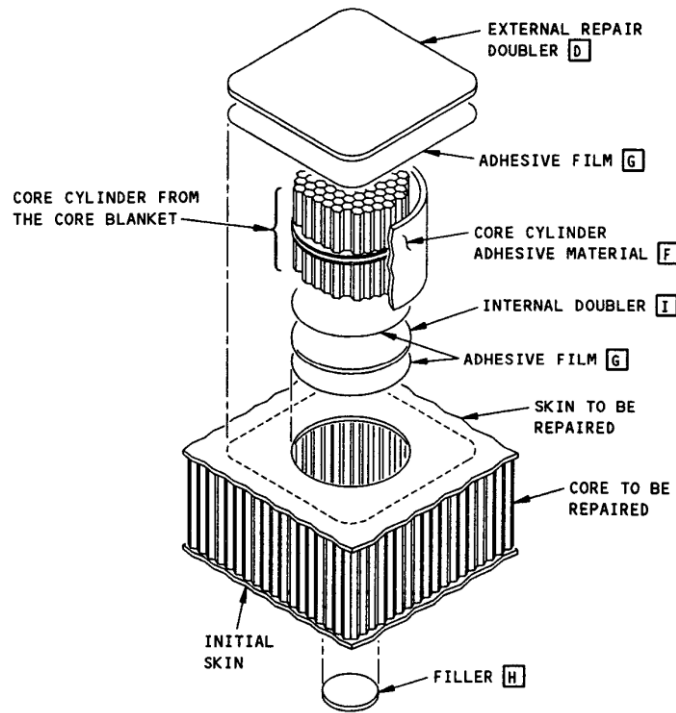


Figura 2.23. Diagrama de las partes de reparación para un daño en todo el espesor del honeycomb y las dos pieles.

Refiérase al Anexo "E" para definiciones de las *flag notes*.

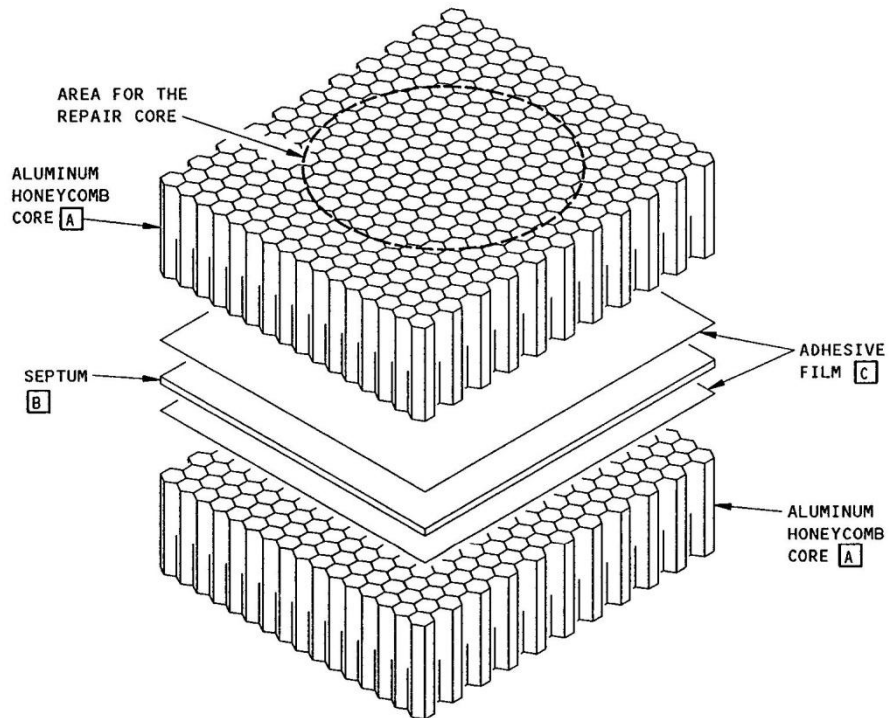


Figura 2.24. Diagrama del Core Blanket de Aluminio.

Refiérase al Anexo "E" para definiciones de las *flag notes* (Cuadros [A], [B], [C]).

PRECAUCIÓN: No incrementar la temperatura de las partes de aluminio arriba de 260 [°F]. Pueden ocurrir daños al tratamiento térmico del aluminio.

Tipo de Resina (Uso de resina)	Pot Life	Tiempo de curado	Temperatura de curado
BMS 5-28, Tipo 6 ó 7 (Potting Compound)	1 hora	1.5 horas	250 a 270°F (121 a 132°C)
BMS 5-90, Tipo III ó IV Class 250, Grade 50 ó 100 (Foaming Adhesive)	No aplicable	1.5 horas	225 a 260°F (107 a 127°C)
BMS 5-92, Tipo I (Dos partes de pasta adhesiva)	2 horas (a menos de 100°F (38°C))	Refiérase a la Tabla 2.2	Refiérase a la Tabla 2.2
BMS 5-101, Tipo II (Lámina adhesiva)	No aplicable	1.5 horas	225 a 260°F (107 a 127°C)
BMS 5-101, Tipo III (Liquid Pourcoat Adhesive)	No aplicable	1.5 horas	225 a 260°F (107 a 127°C)
BMS 5-109, Tipo II (Dos partes de pasta adhesiva)	0.5 horas	72 horas - 2.1 horas	65 a 90°F (16 a 32°C) 130 a 170°F (54 a 77°C)
BMS 5-129, Tipo IV, Grade 10 (Lámina adhesiva)	No aplicable	1.5 horas	225 a 250°F (107 a 127°C)
BMS 5-141 (Dos partes de pasta adhesiva)	1 hora (mínimo)	Refiérase a la figura 2.25	70 a 200°F (21 a 93°C)
BMS 5-148, Tipo II, Clase I, Grado 15 (Lámina adhesiva)	No aplicable	2 a 3 horas	240 a 260°F (116 a 127°C)

Tabla 2.1. Instrucciones de curado para adhesivos.

Adhesivo BMS 5-92, Tipo I	Pot Life, cuando usted mezcla a 100°F (38°C)	Partes por peso	
		Parte A (Base)	Parte B (Endurecedor)
Clase 4	120 minutos máximo	140	100
Clase 3	90 minutos máximo		
Clase 2	60 minutos máximo		
Clase 1	20 minutos máximo		

Tabla 2.2. Instrucciones para mezclar correctamente el adhesivo BMS 5-92, Type I.

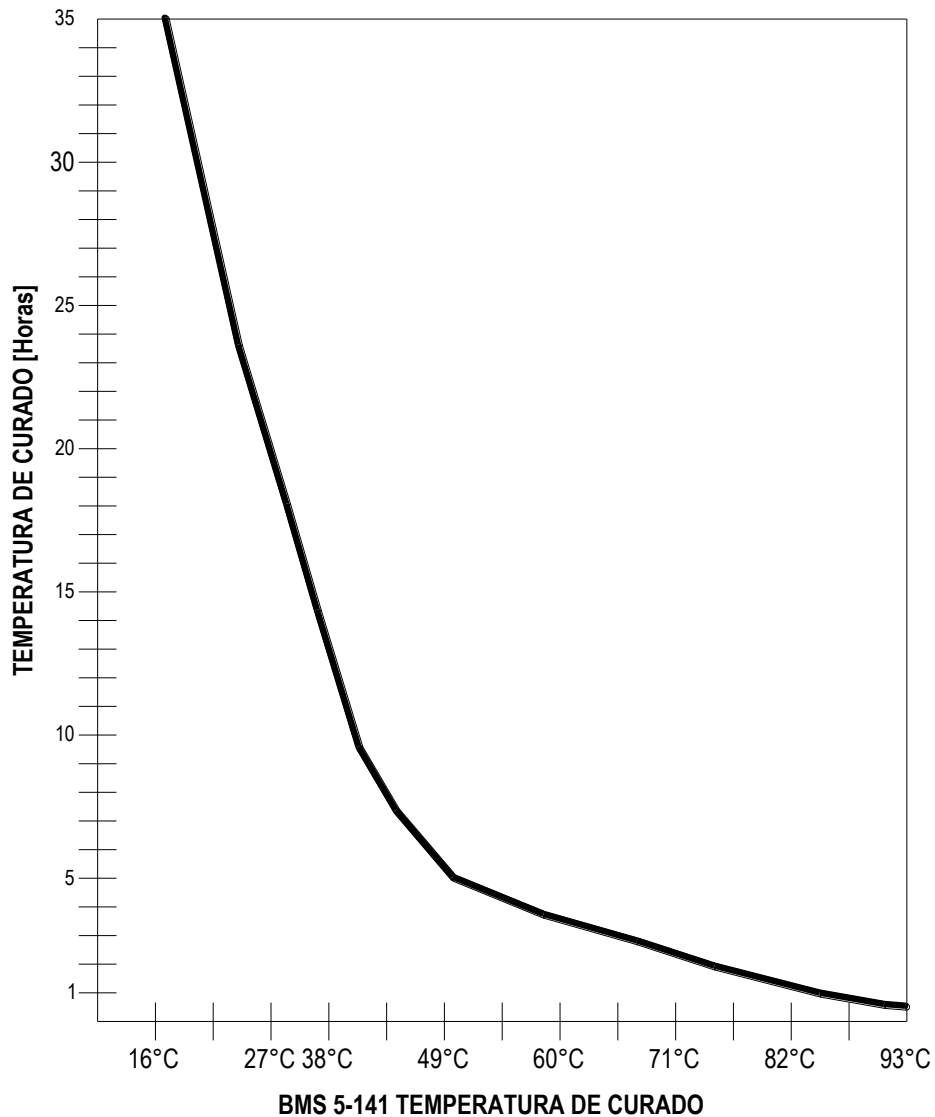


Figura 2.25. Tiempo de curado Vs. Temperatura de curado del adhesivo BMS 5-141.
Con esta curva se puede determinar el tiempo de curado del adhesivo a la temperatura en la que se halle el ambiente de trabajo.

- 11) Hacer una inspección visual del *core blanket*, observar si no hay despegados en el material adhesivo entre el *septum* y los núcleos cilíndricos.
- 12) Cortar el *honeycomb* de reparación del *core blanket*. Ver Figura 2.23 y 2.24 según como sea aplicable.
- 13) Hacer el *doubler* de reparación. Ver Figura 2.23 y 2.24. Refiérase al Anexo “C” (SRM 51-40-20 Figuras 4 y 5), como sea aplicable, para encontrar el correcto número de *doublers*, las dimensiones necesarias, y el espesor de los *external doublers*.
- 14) Remover rebabas, rasguños, muescas y bordes filosos de las partes de aluminio de la reparación y del área de reparación.

- 15) Limpiar los *doublers* de reparación y el área de reparación utilizando el MEK. No sumergir el núcleo de reparación en un solvente.
- 16) Examinar el área de reparación verificando que no quede residuos de agua o grasa. En caso de encontrar residuos repetir el proceso de limpieza.
- 17) Si el área de reparación esta ubicada en un borde cuadrado, entonces mejorar la durabilidad aplicando BMS 5-101, tipo III vertiendo en forma abundante en 3 a 6 celdas del panel de abeja mas allá del borde de reparación.
- 18) Aplicar una capa de conversión química (Alodine 1200) a las partes de aluminio. No aplicar al *honeycomb*.
- 19) Aplicar primer epóxico a los *doubler* de reparación y al área de reparación.
- 20) Antes de instalar el núcleo de reparación, hacer una inspección de ajuste entre el núcleo de reparación y el núcleo a ser reparado. Una máxima de separación de 0.1 [in] es permitida entre el borde del núcleo de reparación y el núcleo a ser reparado.
- 21) Lijar el núcleo de reparación de relleno con la superficie exterior de la piel inicial. Después de que se lije el núcleo de reparación remover todo tipo de contaminación del área de reparación. Usar una aspiradora.
- 22) Aplicar una capa de BMS 5-101, Tipo II, Grado 10 o 15 a la piel no dañada.
- 23) Instalar el núcleo de reparación, limpiando el núcleo, el área de reparación, y pegando con el BMS 5-92, Tipo I. Asegurarse que la orientación de las celdas es paralela a la inicial. Máxima desviación $\pm 3^\circ$. También debe asegurarse que la dirección del *ribbon* esta alineada con la dirección original.
- 24) Limpiar el área de reparación nuevamente utilizando MEK. No se debe rellenar de solvente el núcleo de reparación.
- 25) Instalar el doubler de reparación externo en el área de reparación como muestra las Figuras 2.22 y 2.23 utilizando BMS 5-101, Tipo II, Grado 10 o 15. Aplicar cinta de poliéster para que el doubler externo no se mueva durante la etapa final de curado.
- 26) Hacer el curado final del área de reparación como sigue:

PRECAUCIÓN: La temperatura de curado para el BMS 5.101, Tipo II, Lámina adhesiva no debe ser más de 260[°F] (127 [°C]). Podría resultar en delaminaciones. Para prevenir delaminaciones puede aplicar 3 a 5 [Psi] (20.7 a 34.5 [Kpa]).

 - a) Colocar 4 termocuplas en el borde de las pares de reparación, como muestran las Figuras 2.26, 2.27, 2.28.

- i) Cuatro termocuplas cerca del borde del *caul plate*¹⁹.
 - ii) Cuatro termocuplas cerca del borde del *doubler*.
 - iii) Cuatro termocuplas cerca del *doubler*, una termocupla en cada superficie de la piel que será calentada y presurizada.
 - iv) Una termocupla en la superficie de piel no presurizada que esta ubicada en el lado opuesto del panel de la reparación.
- b) Ubicar todos los elementos del proceso tal como muestra la Figura 2.28. Los *Heat Blankets* deben ser 2 [in] mayor que el *doubler* de reparación.
 - c) Sellar el área de reparación con una bolsa de vacío en ambos lados de la parte o con una bolsa de vacío sobre la parte completa.
 - d) Examinar la bolsa de vacío en busca de fugas. Aplicar vacío a 22 [in-Hg], remover la fuente de vacío, monitorear el manómetro de vacío. Después de 5 minutos la diferencia total en el vacío debe ser menos de 5 [in-Hg].
 - e) Aplicar y mantener un vacío de 22 [in-Hg] en la bolsa de vacío durante el ciclo de curado.
 - f) Si es necesario usar abrazaderas, pesos, bolsas de arena o cilindros hidráulicos para aplicar presión. La presión debe ser aplicada igualmente en todas las áreas. Esta presión no debe ser mayor de 35 a 40 [PSI] (241 a 276 [Kpa]).
 - g) Aplicar temperatura con los *Heat Blankets*.
 - h) Monitorear la temperatura con las termocuplas, asegurarse que la temperatura no se incremente una razón mayor que 5 [°F] (3 [°C]) por cada minuto. No incrementar la temperatura de las partes de aluminio arriba de 260 [°F] (127 [°C]), puede dañarse el tratamiento térmico del aluminio.
 - i) Referirse a la Tabla 2.1 para el tiempo de curado correcto y temperatura de curado del material adhesivo que use en la reparación. No incrementar la temperatura en áreas no presurizadas o no estén bajo vacío a más de 200[°F] (93 [°C]). Esto ayudara a prevenir dé laminaciones en áreas que no son partes de la reparación.
- 27) Hacer una inspección post-reparación del área de reparación verificando que no exista despegados, separaciones, o fallos en la línea de pegado.
- 28) Sellar con BMS 5-95, Clase B-1/2.

¹⁹ Caul plate: Placa metálica lisa, libre de defectos superficiales y del mismo tamaño y forma que una reparación de un compuesto, usado en contacto con la reparación durante el proceso de curado para transmitir presión normal y proveer una superficie lisa en la lámina terminada.

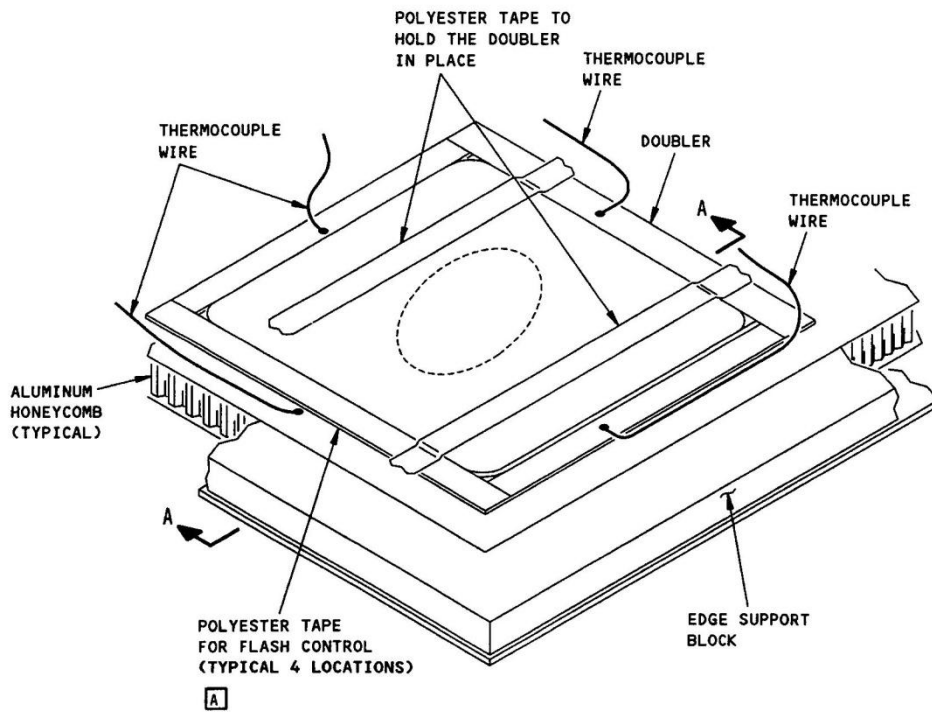


Figura 2.26. Instalación del doubler.

Refiérase al Anexo "F" para definiciones de las *flag notes*. (Cuadro A).

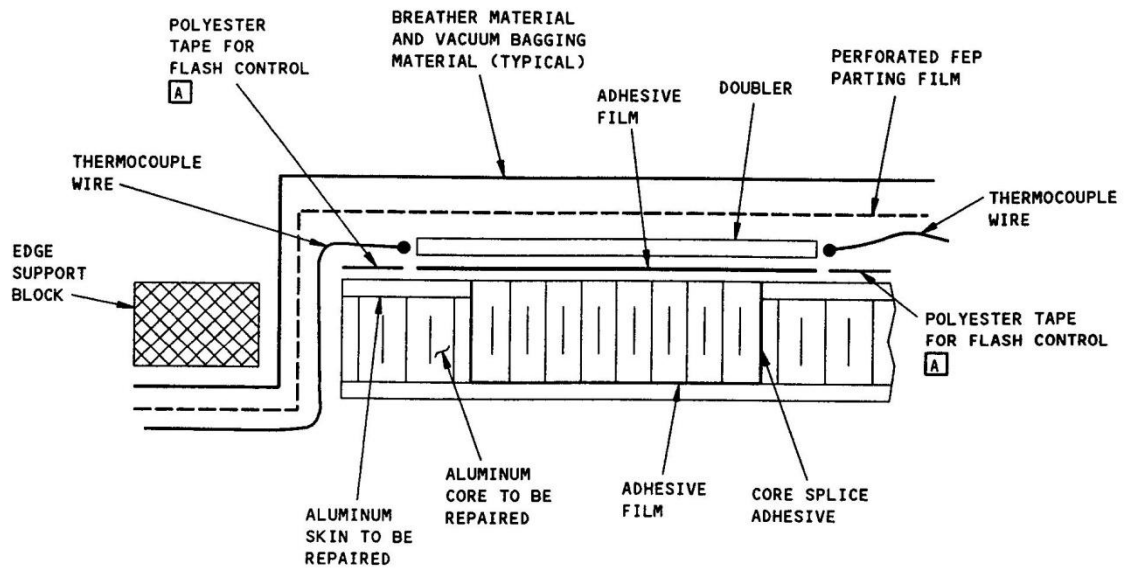


Figura 2.27. Instalación del doubler Sección A-A.

Refiérase al Anexo "F" para definiciones de las *flag notes*. (Cuadro A).

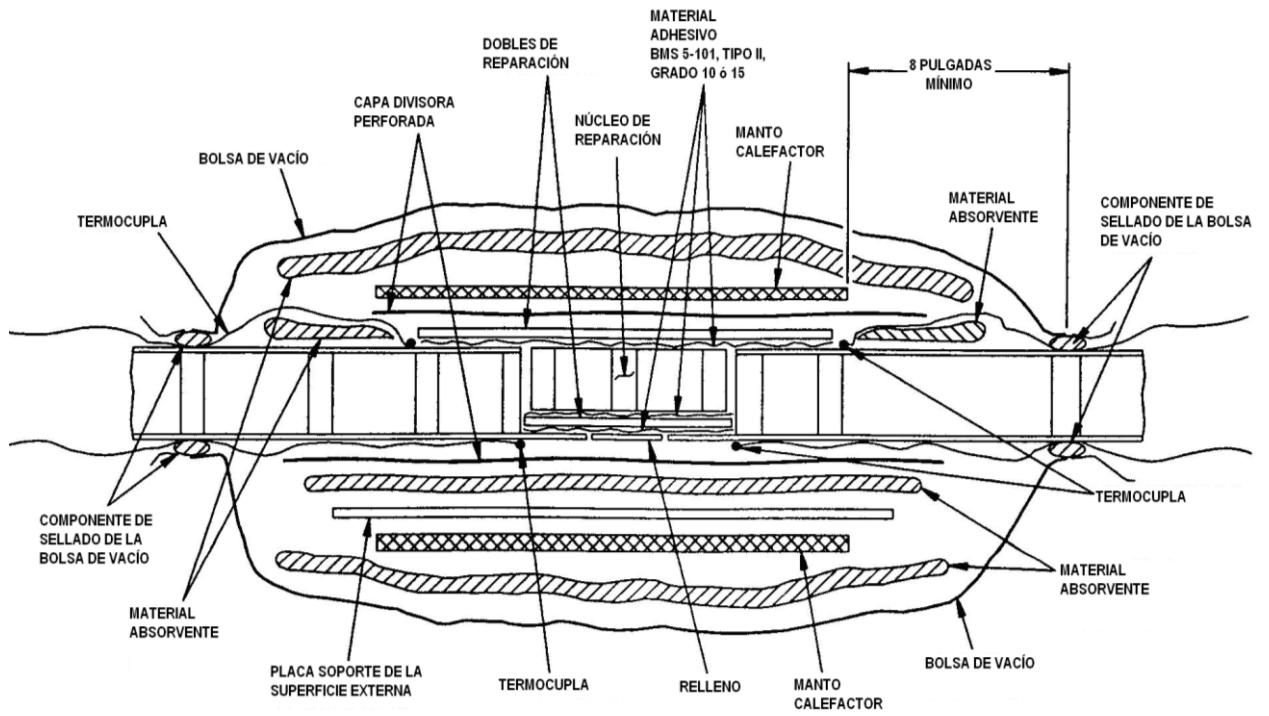


Figura 2.28. Aplicación de presión durante el curado de paneles planos.

Refiérase al Anexo "F".

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DEL EQUIPO

En este capítulo se describen los elementos, diagramas, accesorios y equipos que se van a utilizar para la construcción del equipo de reparación de materiales compuestos.

3.1. SELECCIÓN

Para la selección de cada uno de los elementos y equipos se ha visto necesario tener en cuenta los valores tanto de temperatura, presión de vacío, corriente, voltaje de alimentación de circuitos eléctricos y/o electrónicos que se van a manejar en el control del proceso para la reparación de materiales compuestos.

3.1.1. REQUERIMIENTOS

En lo referente a la temperatura que va a generar el *Heat Blanket* y que posteriormente será sensada a través de termocuplas tipo J, este valor oscila entre los 0 [°C] y 300 [°C] necesarios para poder realizar el proceso de curado de las resinas.

El valor de presión de vacío requerido por el proceso oscila entre 22 y 26 [in-Hg] el mismo que se obtendrá mediante un generador de vacío y con la ayuda de un sensor se sensará el mencionado vacío.

3.1.2. SENSOR DE PRESIÓN DE VACÍO

El principio de medida para este sensor es el siguiente: La presión a ser medida causa una pequeña deflexión del diafragma cerámico del sensor. Un cambio de capacitancia proporcional a la presión es medida por los electrodos en el sensor cerámico.

Son elementos ligeros, de pequeño tamaño y de construcción robusta. Su señal de salida es relativamente débil por lo que precisan de amplificadores y acondicionadores de señal.



Figura 3.1. Sensor de vacío PMC131-A22F1A3C.

El sensor de vacío seleccionado es el PMC131-A22F1A3C fabricado por ENDRESS+HAUSER el cual se muestra en la Figura 3.1. Dicho sensor es adecuado para nuestro requerimiento de medición desde -1 hasta 0 [bar] con una salida de corriente de 4 a 20 [mA], esta corriente será convertida a voltaje para su ingreso a la DAQ USB-6008. El mencionado sensor tiene las siguientes características mostradas en la Tabla 3.1:

Presión de operación [bar]	1 a 0
Límite de sobrepresión [bar]	18
Corriente de salida [mA]	4 a 20
Voltaje de alimentación [Vdc]	11 a 30
Grado de protección IP	65

Tabla 3.1. Características técnicas del sensor de vacío PMC131-A22F1A3C

Para mayor información técnica refiérase al Anexo G.

3.1.3. TERMOCUPLAS TIPO J

Antes de una explicación de los principios de funcionamiento, vamos a presentar rápidamente las termocuplas (también conocidas como termopares). En su aspecto básico,

consisten de dos alambres de metales distintos. Dichos alambres están soldados en un extremo, y terminan en una clavija, la cual se muestra en la Figura 3.2.

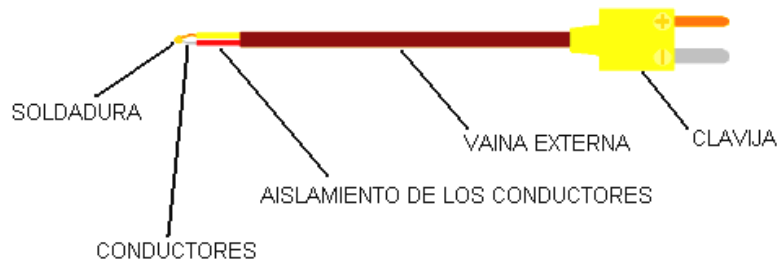


Figura 3.2. Grafico de una termocupla y sus partes constitutivas.

La lista de los materiales empleados como alambres, puede extenderse indefinidamente. Sin embargo, se han estandarizado unas pocas combinaciones. Para distinguirlas, podemos mencionar sus materiales constituyentes: “Una termocupla de Cromel-Alumel”, o también usamos una letra identificatoria: “Una termocupla K”.

La condición indispensable es que los materiales de los conductores deben ser distintos y homogéneos, o sea sin concentraciones de impurezas. La termocupla produce en el extremo de la clavija, una f.e.m. (voltaje) que depende de la diferencia de temperaturas entre la soldadura y la clavija misma. Como el sentido de la tensión es importante, distinguimos a los conductores con los signos positivo y negativo, para no confundirlos podemos identificar los signos en la clavija. En la Figura 3.3 se muestra como evoluciona la f.e.m. generada por algunas de las termocuplas típicas en función de la temperatura.

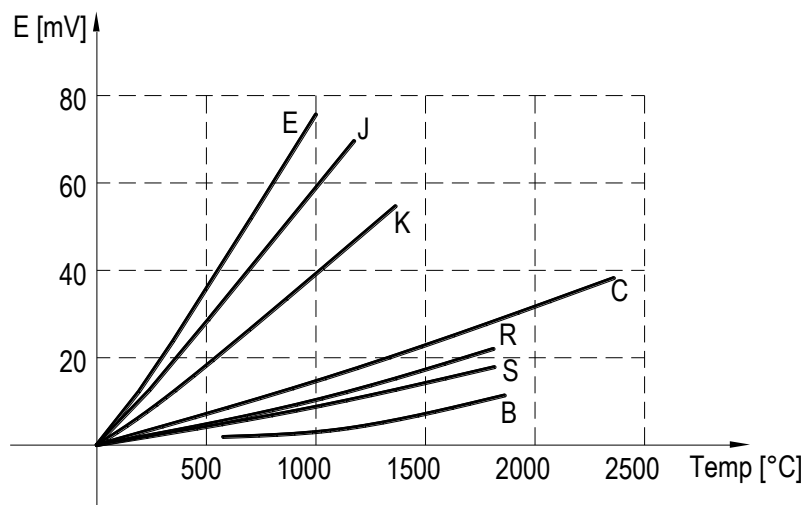
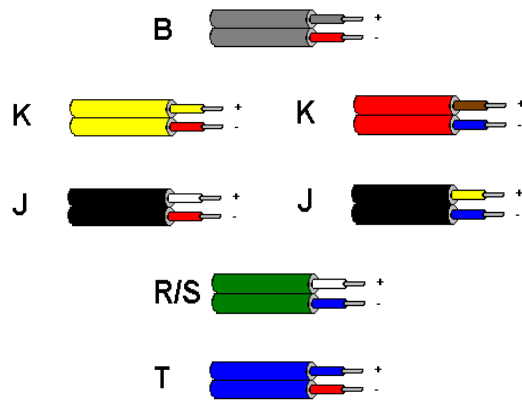


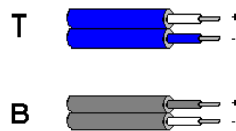
Figura 3.3. Voltaje generado por la termocupla en función de la temperatura.

Para nuestro caso se ha utilizado la termocupla Tipo J, conocida como la termocupla Hierro-Constantán, es la segunda más utilizada. El hierro es el conductor positivo, mientras que para el conductor negativo se recurre a una aleación de 55% de cobre y 45% de níquel (constantán). En la Figura 3.4, se muestra el código de colores utilizado por algunos países para el alambrado de termocuplas.

United States ASTM:



British BS1843: 1952:



British BS4937: Part 30: 1993:

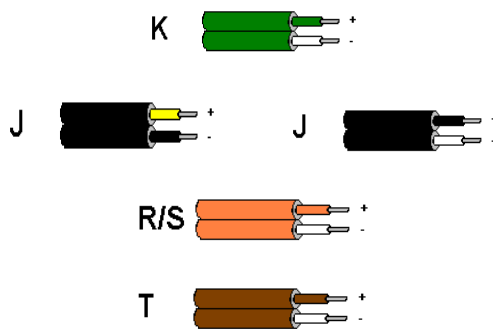


Figura 3.4. Código de colores de Termocuplas

French NFE:



German DIN:

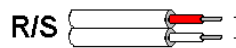


Figura 3.4 (continuación). Código de colores de Termocuplas.

Las termocuplas Tipo J resultan satisfactorias para uso continuo en atmósferas oxidantes, reductoras e inertes y en vacío hasta 760 [°C]. Por encima de 540 [°C], el alambre de hierro se oxida rápidamente, requiriéndose entonces alambre de mayor diámetro para extender su vida en servicio. La ventaja fundamental de la termocupla Tipo J es su bajo costo.

Las siguientes limitaciones se aplican al uso de las termocuplas Tipo J:

- No se deben usar en atmósferas sulfurosas por encima de 540 [°C].
- A causa de la oxidación y fragilidad potencial, no se las recomienda para temperaturas inferiores a 0 [°C].
- No deben someterse a ciclos por encima de 760 [°C], aún durante cortos períodos de tiempo, si en algún momento posterior llegaran a necesitarse lecturas exactas por debajo de esa temperatura.

El constantán utilizado para termocuplas Tipo J no es intercambiable con el constantán de las termocuplas Tipo T y Tipo E, ya que el constantán es el nombre genérico de aleaciones cobre-níquel con un contenido de cobre entre 45% y 60%. Los fabricantes de las

termocuplas Tipo J regulan la composición del conductor de cobre-níquel de manera que la f.e.m. de salida de la termocupla siga la curva de calibración propia.

En la Figura 3.5 se muestra la termocupla Tipo J adquirida en la empresa SHINKO con número de parte WTJ1G14BGB-080-AN para sensar la temperatura del proceso de reparación de materiales compuestos. Nuestra termocupla utiliza conectores propios para su tipo con el fin de evitar la aparición de una junta fría lo cual producirá una medida errónea en el proceso.

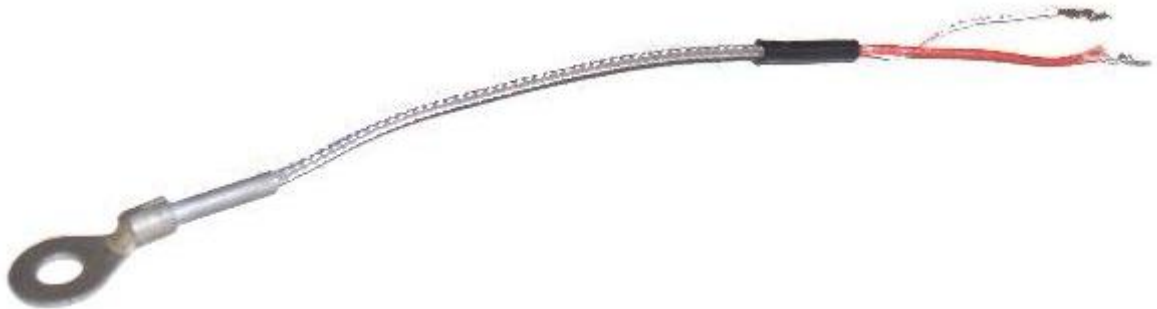


Figura 3.5. Termocupla Tipo J.

3.1.4. HEAT BLANKET HEATCON HC120240E52

Como ya se enunció anteriormente, estos son fabricados de goma silicona específicamente diseñados para reparación de compuestos utilizando la técnica de la bolsa de vacío, además permiten la distribución uniforme del calor exactamente donde se necesita.

Su diseño emplea una rejilla envuelta de alambre de alta resistencia eléctrica, vulcanizado entre dos capas de silicona y fibra de vidrio, vienen fabricados en distintos tamaños y formas para determinadas áreas de trabajo. Este diseño permite resistencia, flexibilidad, durabilidad e igual distribución del calor durante el proceso reparación. El Heat Blanket seleccionado tiene las siguientes características:

- Temperatura máxima: 232 [°C].
- Densidad de potencia: 5 [watt/in²].
- Entrada de voltaje 120 [V], 6 [A].
- Anchura máxima: 12 [in].
- Máxima Longitud: 12 [in].

En la Figura 3.6 se indica el Heat Blanket seleccionado para realizar el proceso de reparación de materiales compuestos.



Figura 3.6. Heat Blanket

3.1.5. CIRCUITOS ACONDICIONADORES DE SEÑAL

La mayoría de las señales requieren de preparación antes de poder ser digitalizadas. Por ejemplo, una señal de un termopar es muy pequeña y necesita ser amplificada antes de pasar por el digitalizador. Otros sensores como RTD, termistores, galgas extensiométricas y acelerómetros requieren de una fuente de alimentación para operar. Aún las señales de voltaje puro pueden requerir de tecnología para bloquear señales grandes de modo común o picos. Todas estas tecnologías de preparación son formas de acondicionamiento de señal. Puesto que existe un amplio rango de tecnologías, el papel que desempeña y la necesidad de cada una de estas se puede volver confuso. A continuación proporcionamos una guía de los tipos de acondicionamiento de señal utilizados en nuestro trabajo:

Amplificación

Cuando los niveles de voltaje que se va a medir son muy pequeños, la amplificación se usa para maximizar la efectividad de su digitalizador. Al amplificar la señal de entrada, la señal acondicionada usa más efectivamente el rango del convertidor analógico-digital (ADC) y

mejora la precisión y resolución de la medición. Algunos sensores que típicamente requieren de amplificación son los termopares y galgas extensiométricas.

Filtrado

Los filtros son necesarios para remover cualquier componente de frecuencia no deseada en una señal, principalmente para prevenir *aliasing* y reducir la señal de ruido. Algunas mediciones de termopares generalmente requieren de filtros pasabajos para remover el ruido de las líneas de poder. Para nuestra aplicación se ha diseñado una tarjeta electrónica la cual es un circuito seguidor de impedancias, el cual ayuda a mantener la señal análoga generada por los sensores antes de ingresar a la tarjeta de adquisición de datos.

Linealización

Algunos tipos de sensores producen señales de voltaje que no son lineales en relación con la cantidad física que están midiendo. La linealización, es el proceso de interpretar la señal del sensor como una medición física lineal, puede realizarse a través de acondicionamiento de señal o software. Los termopares son un ejemplo típico de un sensor que requiere linealización.

Compensación de Junta Fría

Una característica usada en mediciones de termopares es la compensación de junta fría (CJC). Siempre que se conecta un termopar a un sistema de adquisición de datos, la temperatura de la conexión debe ser conocida para poder calcular la temperatura verdadera que el termopar esta midiendo. Un sensor CJC debe estar presente en el lugar de las conexiones.

Para nuestro caso se ha utilizado el AD594AQ el cual es un amplificador de instrumentación completo y compensador de junta fría de termocuplas en un chip monolítico. Este combina un punto de referencia de hielo con un amplificador precalibrado para producir un alto nivel de salida directamente desde una señal de termocupla ($10\text{mV}/^\circ\text{C}$). Como el voltaje de salida de la termocupla es bajo y no lineal con respecto a la

temperatura, el AD594AQ permite amplificar y linealizar su salida utilizando la Ecuación 3.1.

$$AD594 \text{ output} = 193.4 (\text{Type J Voltage} + 16 \mu\text{V}) \quad \text{Ec. (3.1)}$$

Las opciones de conexiones de los pines permite ser usado como amplificador – compensador lineal o como un control de setpoint remoto. Además este chip puede medir temperaturas bajo cero.

Entre las características más importantes podemos citar las siguientes:

- Tiene compensación de junta fría, amplificación y una salida amortiguada en un solo encapsulado.
- Puede ser utilizado con fuentes de DC de 5 a 30V
- Tiene una alarma por falla en las conexiones de la termocupla

En la Figura 3.7 se indica la conexión de terminales realizada para obtener una salida amplificada en los terminales 8 y 9 dada por la termocupla tipo J.

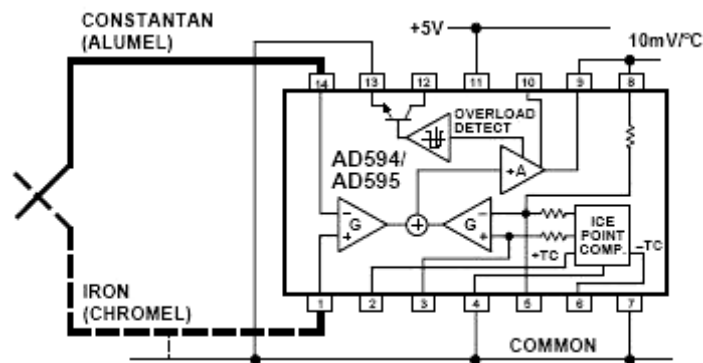


Figura 3.7. Circuito de amplificación de la señal dada por la termocupla tipo J.

Para una mayor información del AD594AQ se detalla en el ANEXO G.

3.1.6. TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Dispositivos de medida, tales como dispositivos de adquisición de datos de propósito general (DAQ) e instrumentos de propósito especial, están involucradas con la adquisición, análisis y presentación de mediciones y otros datos que se adquiere.

Un sistema de adquisición de datos es un equipo que nos permite tomar señales físicas del entorno y convertirlas en datos que posteriormente podremos procesar y presentar. A veces el sistema de adquisición es parte de un sistema de control, y por tanto la información recibida se procesa para obtener una serie de señales de control. En la Figura 3.8 se puede ver los bloques que componen nuestro sistema de adquisición de datos.

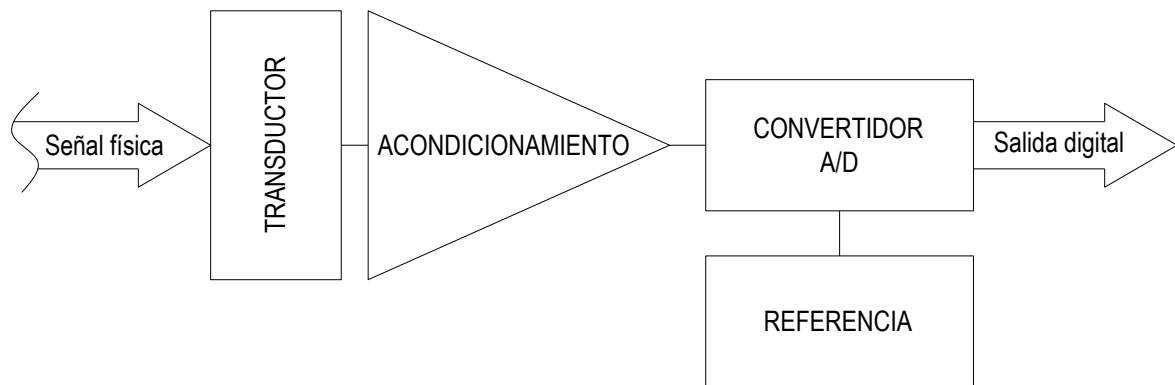


Figura 3.8. Esquema de un sistema de adquisición de datos.

Adquisición es el medio por el cual señales físicas, tales como voltaje, corriente, presión y temperatura son convertidas en formatos digitales y llevados al computador. Métodos populares para adquirir datos incluye plug-in DAQ, instrumentos GPIB²⁰ (General-Purpose Instrumentation Bus), instrumentos VXI²¹ (VMEbus extensions for Instrumentation) e instrumentos RS-232.

La DAQ multifunción NI USB-6008 de Nacional Instruments seleccionada para implementar el equipo de reparación de materiales compuestos, mostrada en la Figura 3.9 provee una confiable adquisición de datos a bajo costo. Con la conectividad USB plug-and-play, estos dispositivos son suficientemente simples para mediciones rápidas, pero

²⁰ GPIB: Es un estándar bus de datos digital de corto rango desarrollado por Hewlett-Packard en los años 1970 para conectar dispositivos de test y medida (por ejemplo multímetros, osciloscopios, etc.) con dispositivos que los controlen como un ordenador.

²¹ VXI: El VXIbus fue desarrollado para enfrentarse con la necesidad de aplicaciones portátiles y proveer una arquitectura modular para integrarse en el tradicional sistema de prueba GPIB y para aplicaciones autosuficientes. Fue diseñado para ser un estándar de arquitectura abierta para instrumentos en una tarjeta, permitiendo a un instrumento de cualquier fabricante operar en el mismo servidor como otro instrumento del fabricante.

suficientemente versátiles para aplicaciones de medida más complejas. Esta tarjeta incluye un *data logger*²² listo para correr, que adquiere y registra a ocho canales de datos análogos.



Figura 3.9. Tarjeta de Adquisición de Datos USB 6008.

La DAQ USB-6008 es ideal para aplicaciones donde la economía, pequeño tamaño y simplicidad son esenciales, por ejemplo: Data logging, usado en laboratorios académicos, aplicaciones OEM²³ integradas. Esta DAQ tiene las siguientes especificaciones técnicas mostradas en la Tabla 3.2.

Bus	USB
Entradas análogas	8 SE/4 DI
Resolución de la entrada (bits)	12
Tasa de muestreo [S/s]	10 K
Rango de entrada [V]	±1 a ±20
Acondicionamiento de señal integrado	No
Salidas análogas	2
Resolución de la salida [bits]	12
Tasa de salida [S/s]	150
Número de canales digitales	12
Número de contadores	1
Software controlador	NI-DAQmx, NI-DAQmx Base

Tabla 3.2. Características técnicas de la DAQ 6008

Para mayor información técnica refiérase al Anexo G.

²² Data logger: Es un instrumento electrónico que registra mediciones análogas o digitales sobre el tiempo. Algunos son pequeños conteniendo baterías, filtros, linealizadores, microprocesador, almacenamiento de datos y un sensor. Otros para propósitos generales están diseñados para conectarse a un amplio rango de voltajes y tipos de sensores.

²³ OEM: Abreviatura del inglés Original Equipment Manufacturer, en español sería Fabricante Original de Equipo

3.1.7. MÓDULO DE DISPARO

Debido al elevado costo del módulo de disparo de tiristores se ha construido una tarjeta electrónica cuya función es detectar el cruce por cero de la señal de corriente alterna y luego dar una señal de disparo temporizada hacia un OPTO TRIAC (MOC 3011) y la señal de este último es enviada hacia la gate del TRIAC de potencia (BTA 26-600B), el entregará la potencia requerida por la carga. En la Figura 3.10 se indica el circuito electrónico de disparo y cruce por cero.

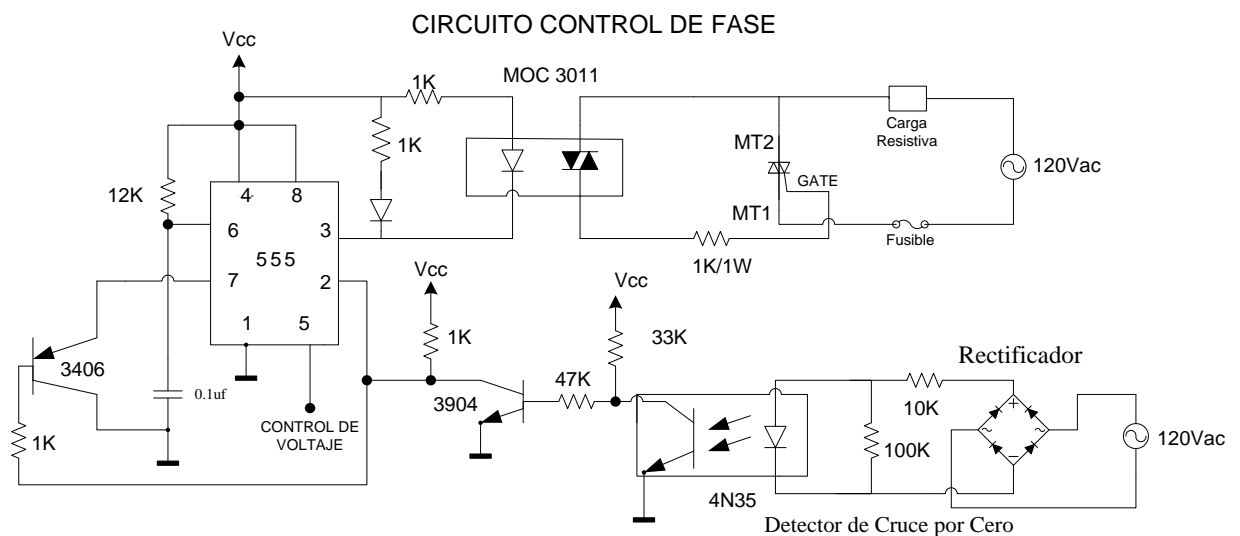


Figura 3.10. Circuito control de fase.

3.1.8. CIRCUITO DE CONTROL DE FASE

Si un tiristor conmutador se conecta entre la alimentación de corriente alterna y la carga, es posible controlar el flujo de potencia variando el valor RMS del voltaje de corriente alterna conectada a la carga; este tipo de circuito de potencia se conoce como un controlador de voltaje AC. Las aplicaciones más comunes de los controladores de voltaje son: calefacción industrial, control de luces, control de velocidad de motores de inducción y control de los electromagnetos de corriente alterna. Para la transferencia de potencia, normalmente se utilizan en dos tipos de control:

- Control de apertura y cerrado.
- Control de ángulo de fase.

De acuerdo a nuestra necesidad se ha utilizado la segunda opción. En el control de ángulo de fase, los tiristores conectan la carga a la fuente de AC durante una porción de cada uno de los ciclos del voltaje de entrada y que para nuestra necesidad sea utilizado un TRIAC de potencia.

El TRIAC es un dispositivo semiconductor que pertenece a la familia de los dispositivos de control por tiristores. TRIAC de potencia utilizado es BTA 26-600B, este elemento es esencialmente la conexión de dos tiristores (SCR's) conectados en paralelo inverso, pero compartiendo la misma compuerta que es el medio por el cual el semiconductor entra en conducción, en la Figura 3.11 se indica dicha descripción.

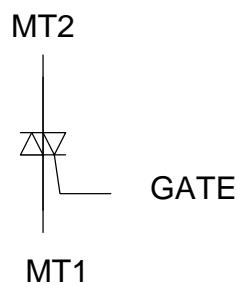


Figura 3.11. Disposición de terminales del TRIAC.

El TRIAC sólo se utiliza en corriente alterna y al igual que el SCR se dispara por la compuerta. Como el TRIAC funciona en corriente alterna, habrá una parte de la onda que será positiva y otra negativa, el semiciclo positivo pasará por el TRIAC siempre y cuando exista una señal de disparo en la compuerta, de esta manera la corriente circulará de arriba hacia abajo, de igual manera, el semiciclo negativo pasará por el TRIAC siempre y cuando exista una señal de disparo en la compuerta, de esta manera la corriente circulará de abajo hacia arriba; para ambos semiciclos la señal de disparo se obtiene de la misma compuerta (gate).

Lo interesante es, que se puede controlar el momento de disparo de esta compuerta y así, controlar el tiempo que cada tiristor estará en conducción, hay que recordar que un tiristor solo conduce cuando ha sido disparada (activada) la compuerta y entre sus terminales hay una caída de voltaje de un valor mínimo para cada tiristor.

Entonces, si se controla el tiempo que cada tiristor está en conducción, se puede controlar la corriente que se entrega a una carga y por consiguiente la potencia que consume. Los pulsos de disparo del tiristor 1 y tiristor 2 se conservan a 180° uno del otro. Las formas de onda para el voltaje de entrada y para el voltaje de salida aparecen en la Figura 3.12.

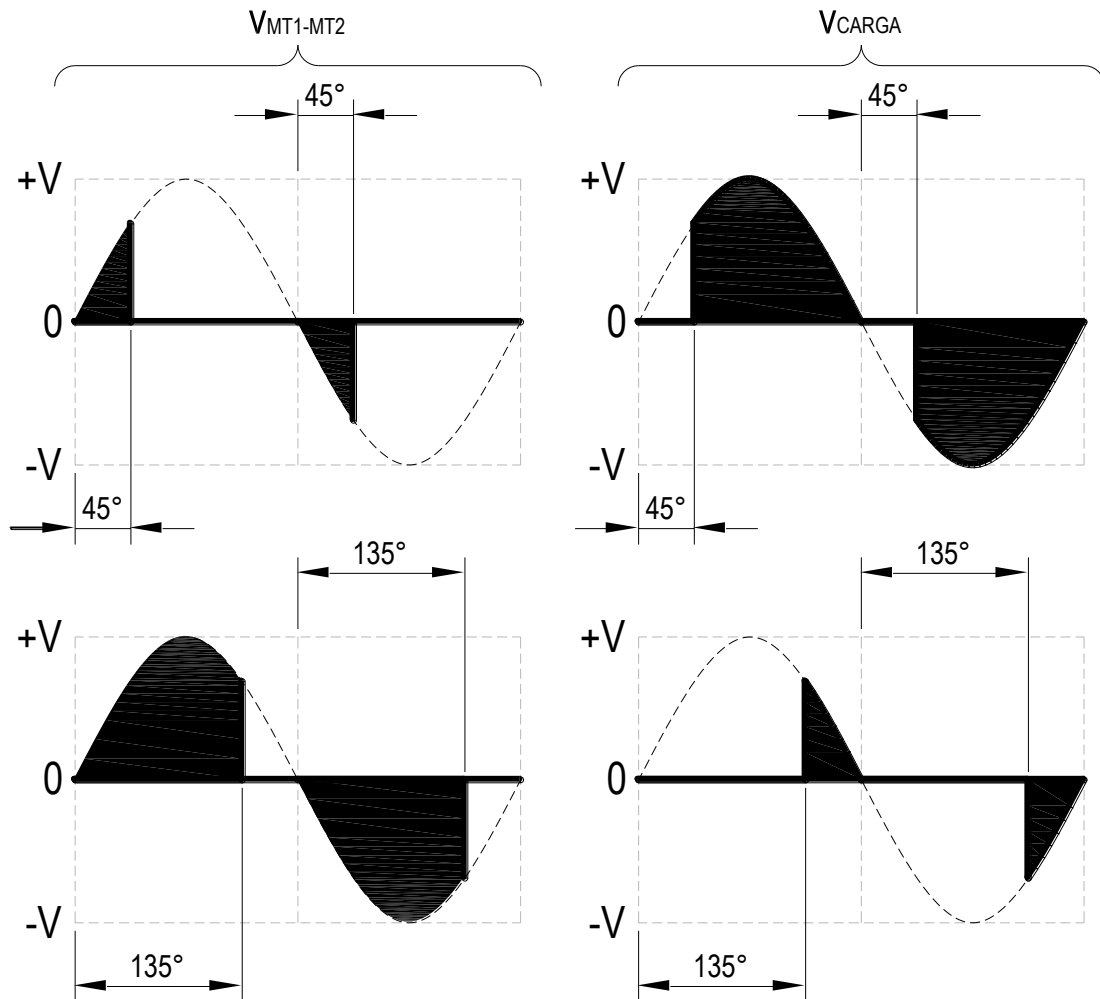


Figura 3.12. Formas de onda del TRIAC y la carga.

Para evitar la pérdida de control de los tiristores se ha utilizado un circuito detector de cruce por cero el cual tiene como objetivo garantizar la desactivación de los tiristores antes de poder disparar el siguiente. A partir del instante en que se detecta el cruce por cero el temporizador ECG 955M empieza la cuenta hasta el tiempo requerido para que envíe un pulso de disparo a la compuerta del tiristor de potencia y así controlar el flujo de potencia hacia la carga resistiva (ver esquema electrónico Figura 3.10).

3.1.9. MÓDULO GENERADOR DE VACÍO

Evacuar aire de un volumen cerrado desarrolla una presión diferencial entre el volumen y la atmósfera circundante. Debido a que es virtualmente imposible remover todas las moléculas de aire de un contenedor, un vacío perfecto no es posible de conseguir. Cuanto más aire sea removido la presión diferencial aumenta, y la fuerza de vacío potencial viene a aumentar. El nivel de vacío es determinado por la presión diferencial entre el volumen evacuado y la atmósfera circundante. La unidad de medida más utilizada son las pulgadas de columna de mercurio [in-Hg], la unidad métrica común es el milibar [mbar].

Una atmósfera estándar es 29.92 [in-Hg]. Cualquier fracción de una atmósfera es un vacío parcial o presión negativa.

Si el vacío es requerido solamente de manera intermitente, el aire comprimido ya disponible puede ser usado para generar vacío a través de un dispositivo llamado generador de vacío. Un generador de vacío opera basado en el Principio Venturi, ver Figura 3.13. Aire comprimido, no lubricado y filtrado ingresa a través de la entrada **A**. Un orificio difusor **B** causa que el flujo de aire incremente en velocidad, bajando así su presión, la cual crea un vacío en el canal **C**. El flujo de aire escapa a la atmósfera a través del silenciador **D**.

Los generadores de vacío son compactos y livianos, entonces estos pueden ser montados cerca del punto a usarse. Estos son baratos, porque no tienen partes móviles. No requieren mantenimiento, no necesitan de una fuente eléctrica de poder. Los generadores de vacío son controlados simplemente iniciando o terminando el flujo de aire que ingresa a la boquilla.

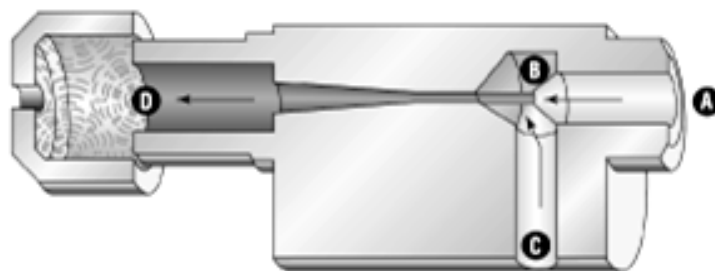


Figura 3.13. Principio de Venturi.

Un desarrollo en el uso de Venturis es el generador de vacío multietapas. En esta configuración dos o más generadores de vacío son colocados en serie para producir un flujo mayor de vacío sin usar más aire comprimido. Esencialmente el escape de la primera boquilla sirve como segunda entrada para una segunda etapa. La salida de la segunda etapa sirve como entrada para la tercera etapa. Un sistema multietapas evacua más rápidamente un volumen de aire que un generador de simple etapa, pero ambos eventualmente extraerán el mismo nivel de vacío.

El módulo seleccionado es el AV191H fabricado por AIR-VAC, tiene un diseño simple de una fase que genera eficientemente el vacío necesario para la reparación de materiales compuestos. Es de diseño industrial rugoso que no tiene partes móviles o sellos. Para mayor información técnica refiérase al Anexo G. Dicho generador se muestra en la Figura 3.14 y tiene las características mostradas en la Tabla 3.3.

Nivel de vacío [in Hg]	28.2
Flujo de vacío [scfm]	4.3
Consumo de aire [scfm]	8.1
Peso [oz]	6
Nivel de sonido [dBA]	82

Tabla 3.3. Características técnicas del generador de vacío AV191H



Figura 3.14. Generador de Vacío.

3.1.10. FILTRO DE AIRE

En nuestro caso no se requiere filtrar el aire de suministro al generador de vacío debido a que la zona de trabajo no recibe masa de aire comprimido, en lugar de eso la masa de aire circundante a la reparación o zona de trabajo es succionado mediante presión de vacío. Adicionalmente el aire de los talleres aeronáuticos es regulado, filtrado y lubricado para suministrarlo a las distintas herramientas neumáticas.

3.1.11. SECADOR DE AIRE

Hemos visto que el invertir en un secador no es factible a causa de que la humedad relativa del aire atmosférico de la ciudad de Latacunga no afecta de ninguna manera en la generación de vacío y también dicha humedad es favorable (por la altura) para reparaciones de materiales compuestos en comparación al clima húmedo de otras regiones del país.

3.1.12. CABLES, CONECTORES, MANGUERAS Y RACORES

CABLES

Los conductores utilizados para realizar las conexiones eléctricas de control son el AWG No. 18 flexible de cobre, mientras que la tarjeta de adquisición de datos tiene conectado el cable trenzado AWG No. 18 por su facilidad y espacio que brinda para su conexión, mientras que para conectar la carga de potencia se ha utilizado el conductor AWG 12 flexible de cobre, en la Figura 3.15 se muestra estos elementos y en la Tabla 3.4 sus características.



Figura 3.15. Conductores de conexión.

Conductor Flexible 12 AWG	350-500 [V]
Temperatura	200 [°C]
Conductor Flexible 18 AWG	18 [Vdc]
Temperatura	50 [°C]
Color	Negro, Blanco

Tabla 3.4. Características de los conductores.

CONECTORES.

- a. **Conectores para termocupla Tipo J.** Los conectores macho y hembra para termocupla Tipo J son de la marca WATLOW, los mismos que nos permiten tener una buena conexión y evitar una junta fría la cual afecta las mediciones y se muestran en la Figura 3.16.



Figura 3.16. Conectores miniatura macho y hembra para termocupla.

- b. **Conector para Sensor de Vacío.** El alojamiento del conector permite ser girado 90° en todas las direcciones. El conector dispone de terminales para alimentación y uno de puesta a tierra, además tiene un potenciómetro para ajuste del punto cero, bajo uno de los tornillos del módulo conector. Dicho conector se muestra en la Figura 3.17.

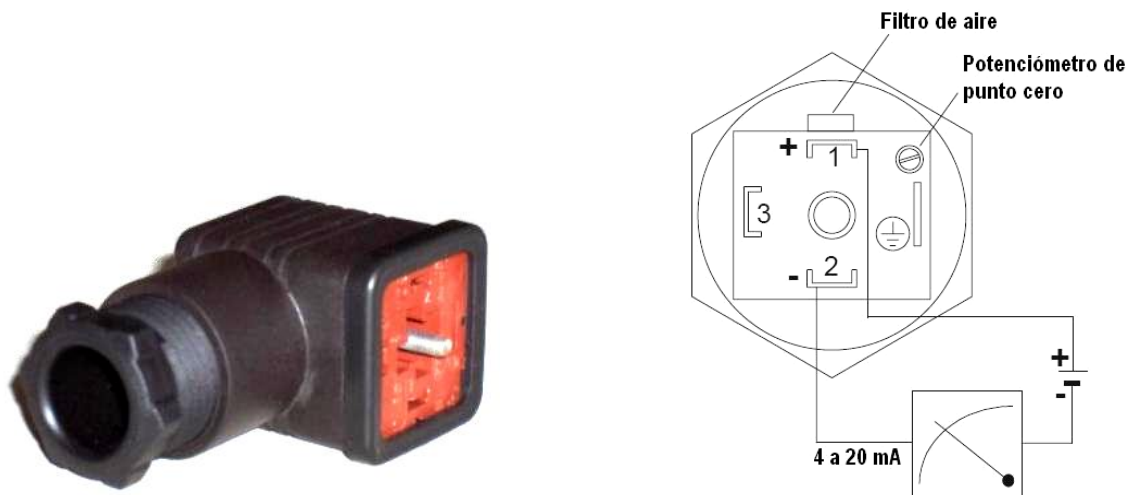


Figura 3.17. Conector para sensor de vacío.

Para mayor información técnica refiérase al Anexo G.

- c. **Conectores de Heat Blanket.** Estos elementos disponen de terminales para la alimentación de voltaje y uno de puesta a tierra, son de fácil montaje y conexión. Dichos conectores se muestran en la Figura 3.18.



Figura 3.18. Conectores macho y hembra para Heat Blanket.

- d. **Mangueras y Acoples.**

Mangueras. Dichos elementos sirven para la circulación del flujo de aire en un sistema neumático, así como también para la extracción del mismo cuando se crea el vacío, también en aplicaciones de aire que no involucran aceites o productos químicos. Las mangueras de presión positiva fueron seleccionadas debido a que la presión de trabajo es de 60 a 80 [psi] para lo cual dichas mangueras tienen las características mostradas en la Tabla 3.4.



Figura 3.19. Mangueras del Sistema neumático.

En la Figura 3.19 se indica las mangueras del sistema neumático seleccionadas.

La manguera de presión negativa permite la extracción de aire existente en la bolsa de vacío, también se las utiliza en aplicaciones de trampas de vacío, cámaras de vacío. por lo tanto, se ha seleccionado la manguera de presión negativa que tiene las características mostradas en la Tabla 3.5:

Paredes extra pesadas resisten el vacío hasta [in-Hg]	30
Diámetro interno[in]	1/2
Rango de temperatura [°F]	-25 a 160
Color	Negro, flexible

Tabla 3.5. Características técnicas de la manguera de presión negativa.

En la Figura 3.20 se indica la manguera de presión negativa seleccionada.



Figura 3.20. Manguera de presión de vacío.

d. Acoples o Racores. Son acoples de desconexión rápida que permiten conexiones confiables, instantáneas y sin fugas. Todos los acoples de desconexión rápida trabajan con el mismo principio y aquellos con el mismo diseño son intercambiables si son hechos por diferentes fabricantes. Un acople es un conjunto completo de dos unidades consistiendo de un zócalo y un plug. Cuando el plug es ajustado en el zócalo, pines o bolas endurecidas del zócalo encajan en una ranura del plug. Esto asegura el conjunto en su lugar contra un asiento suave proveyendo un sellamiento contra fugas, incluso permite girar la manguera 360 grados. Retrayendo la manga deslizante en el zócalo libera el mecanismo del seguro, entonces el plug puede ser removido. Una válvula

automática de cierre mantiene sellado cuando la unidad es desacoplada. En la Figura 3.21 se indica los acoples de desconexión rápida utilizados.



Figura 3.21. Acoples de desconexión rápida.

A continuación en la Tabla 3.6, se indican algunas de las características de los acoples.

Tamaño del acople [in]	NPT 1/4 [in]
Temperatura de operación [°F]	-40 a 280
Material de los sellos	Buna-N
Giro	360°
Material	Acero enchapado con zinc
Presión de trabajo máxima [psi]	1500

Tabla 3.6. Características técnicas de los acoples.

3.1.13. SENSOR DE PRESIÓN

Como elemento sensor de presión se ha utilizado un presóstato cuya capacidad de trabajo es de hasta 150 [psi]. Se ha seleccionado este equipo debido a que la fuente de presión de aire suministrada por el compresor oscila entre 60 a 80 [psi], este elemento es un interruptor eléctrico accionado mediante presión. En nuestro proyecto se lo utiliza para enviar una señal de alarma a la computadora cuando se ha llegado a cierta presión. Estos aparatos cierran ó abren sus contactos eléctricos cuando se ha llegado a una presión para la cual se los ha calibrado.

En la Figura 3.22 se indica el equipo utilizado.

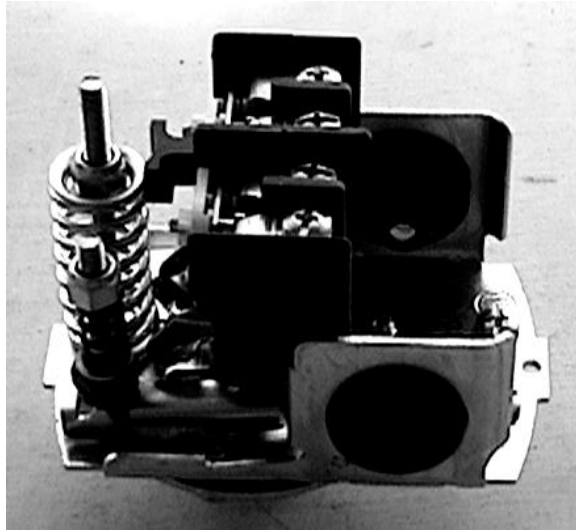


Figura 3.22. Presóstato con capacidad de trabajo hasta 150 [psi].

3.1.14. SENSOR DE VOLTAJE

Un sensor es el que entrega un nivel de voltaje equivalente a la señal física que se mide, normalmente los sensores industriales capaces de entregar un nivel de voltaje tienen incorporado circuitos acondicionadores, tales como amplificadores operacionales de instrumentación, comparadores, etc. Este tipo de sensores muchas veces incorpora resistores variables que permiten ajustar el rango de voltaje que ellos entregan al rango que nuestra DAQ necesita.

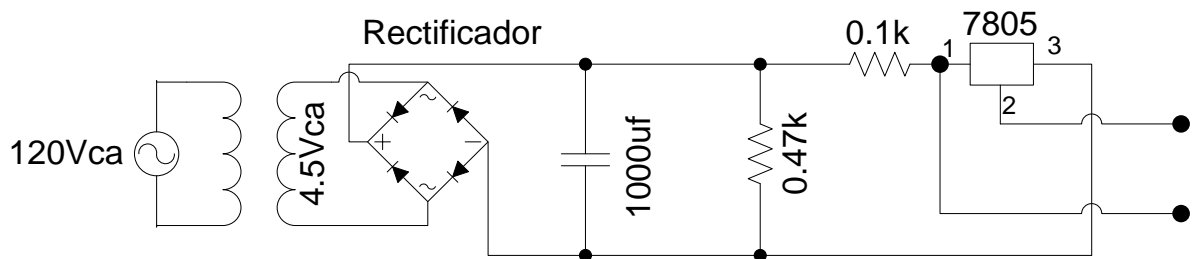


Figura 3.23. Circuito detector de bajo voltaje.

Para nuestra aplicación se ha diseñado un circuito electrónico el mismo que se encuentra conectado directamente a la fuente de energía y cuya función es sensor el voltaje entregado por la red de suministro eléctrico. El voltaje de entrada es reducido por medio de un transformador y que luego pasa a través de un rectificador de onda completa con filtro para

entregar un voltaje de corriente continua que será enviado a la DAQ. Dicho circuito se indica en la Figura 3.23.

3.1.15. ALARMAS AUDIBLES

Un sistema de alarma es un elemento de seguridad pasiva. Esto significa que no evitan una intrusión, pero si son capaces de advertir de ella, cumpliendo así, una función disuasora frente a posibles problemas. Una alarma es capaz de advertir ya sea de forma sonora, luminosa o de voz el problema dentro del funcionamiento normal de un equipo o sistema eléctrico lo permite actuar de forma inmediata y reducir la pérdida de tiempos de producción de un proceso. En nuestro proyecto se utilizan sonidos de alarma emitidos por la computadora en el caso de activarse las alarmas.

3.1.16. FUSIBLES DE PROTECCIÓN

Todas las instalaciones y circuitos eléctricos y/o electrónicos deberán estar siempre protegidas por cortacircuitos fusibles, sin dar lugar a la formación de arcos ni antes ni después de la interrupción. Estos elementos son de fácil remoción pues una vez que funciona es sustituido manual y rápidamente en condiciones de baja tensión, suelen ir colocados sobre material aislante incombustible. En la Figura 3.24 se indica los fusibles utilizados en la máquina los mismos que protegen la tarjetas de control de fase y el circuito amplificador/linealizador de termocuplas cuya corriente circulante no supera los 500 [mA] en funcionamiento normal, para lo cual se ha seleccionado fusibles de 0.5 [A].

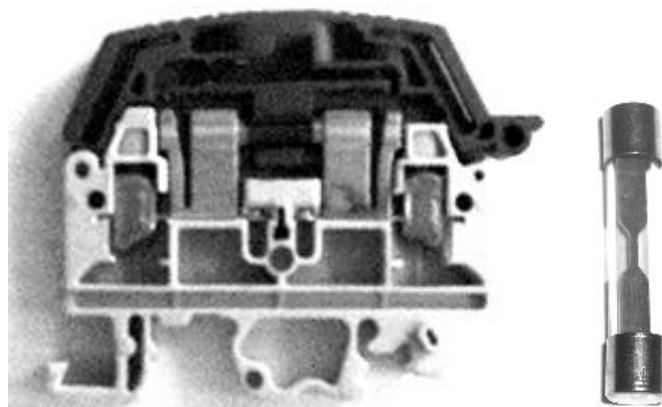


Figura 3.24. Fusible y porta fusible de protección.

3.1.17. CIRCUIT BREAKERS

Un circuit breakers es un interruptor eléctrico automático diseñado para proteger un circuito eléctrico contra el daño causado por la sobrecarga o para cortocircuitos, difieren de un fusible que cuando funciona una vez este tiene que ser sustituido, un interruptor se puede reajustar (manual o automáticamente) para reasumir la operación normal. Los interruptores se fabrican en diferentes tamaños que varían de acuerdo a su capacidad de protección, existen dispositivos pequeños que protegen desde un aparato electrodoméstico individual hasta dispositivos de distribución de energía eléctrica que son diseñados para proteger circuitos de alto voltaje que alimentan ciudades enteras. En la Figura 3.25 se indica el circuit breakers seleccionado que tiene una capacidad de protección de 30 [A] de reposición manual pues la carga resistiva conectada al circuito de potencia es de 25 [A] durante la reparación.

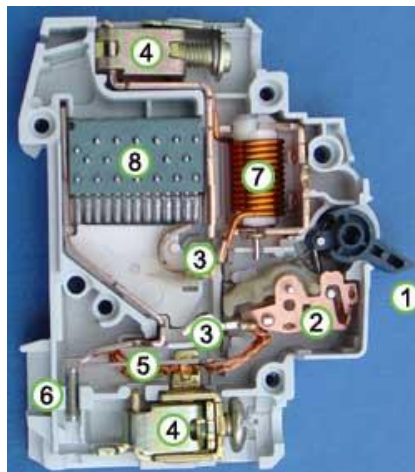


Figura 3.25. Circuit Breakers de Protección

(1) Palanca actuadora, (2) Mecanismo actuador, (3) Contactos,
(4) Terminales, (5) Bimetal, (6) Tornillo de calibración, (7) Extintor de arco.

3.2. DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO

Para la selección y dimensionamiento del equipo de reparación de materiales compuestos se tiene como referencia importante los valores requeridos por los manuales de mantenimiento, entre los cuales podemos citar los más importantes y son los siguientes:

- Presión de vacío 22 – 26 [in-Hg]
- Temperatura de curado.

3.2.1. PRECISIÓN

Las exigencias de los manuales de reparación varían en la precisión ya que, en cuanto a la temperatura, depende de los materiales a ser curados. Por ejemplo: El manual del Boeing 727 SRM 51-40-20, exige una precisión de ± 3 [°C], y otros manuales de entrenamiento exigen ± 5.6 [°C]. Respecto a la presión de vacío todos los manuales exigen 22 [in-Hg] como mínimo.

3.2.2. CONTROL DE TEMPERATURA

Literatura técnica de entrenamiento específico en reparaciones de materiales compuestos se indica lo siguiente: “Referirse a la reparación del componente específico para el tiempo y temperatura de curado requerido. Ejemplo:

- Cure a 200 [°F] ± 10 y mantenga por 200 [minutos] mínimo.
- Cure a 250 [°F] ± 10 y mantenga por 120 [minutos] mínimo.
- Cure a 300 [°F] ± 10 y mantenga por 230 [minutos] mínimo.
- Cure a 350 [°F] ± 10 y mantenga por 155 [minutos] mínimo.”²⁴

3.2.3. CONTROL DE PRESIÓN DE VACÍO

Literatura técnica de entrenamiento específico en reparaciones de materiales compuestos indican lo siguiente: “Mantener 22 [in-Hg] durante el ciclo de curado entero”.²⁵

3.3. PROGRAMACIÓN

El lenguaje de programación utilizado para la realización del software de reparación de materiales compuestos es LabVIEW versión 8.0. Los programas de LabVIEW son llamados instrumentos virtuales o VIs, porque su apariencia y operación imita instrumentos físicos tales como osciloscopios y multímetros. LabVIEW contiene un conjunto comprensivo de herramientas para adquisición, análisis, indicación y almacenamiento de

²⁴ Obtenido de Manual de Entrenamiento ADVANCED COMPOSITES Cindy Foreman Pág. 88.

²⁵ Obtenido de Manual de Entrenamiento ADVANCED COMPOSITES Cindy Foreman Pág. 88.

datos, así como herramientas para ayudar en la búsqueda de errores en el código que el usuario a escrito.

En LabVIEW se construye una interface de usuario o panel frontal con controles e indicadores. Los controles son: perillas, botones, diales, y otros mecanismos de ingresos de datos. Los indicadores son: gráficos, LEDs y otras herramientas indicadoras. Después de que el usuario ha construido la interface se puede añadir el código usando VIs y estructuras para controlar los objetos del panel frontal. El diagrama de bloques contiene este código. Se puede utilizar LabVIEW para comunicarse con hardware tales como tarjetas de adquisición de datos y dispositivos de control mecánico y visión, así como instrumentos GPIB, VXI, PXI, RS, RS-232, RS-485.

3.3.1. PROGRAMA DE CONTROL DE RAMPAS DE TEMPERATURA

El programa consiste en controlar la temperatura aplicada consiguiendo una rampa lineal de temperatura. Para esto debe ingresarse los datos de tiempo y temperatura iniciales y finales; con estos datos se calcula la pendiente de la rampa utilizando la Ecuación 3.2.

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad \text{Ec. (3.2)}$$

Con la información de tiempo actual y la pendiente se estima una temperatura futura en el tiempo $t+1$, es decir se hace una predicción de la temperatura a la cual debe estar la reparación. En cada iteración el software calcula la diferencia entre la temperatura actual y temperatura en tiempo $t+1$ para así poder conocer la cantidad de calor que debe suministrarse o dejar de suministrar a la reparación; mediante la Ecuación 3.3.

$$Q = mc (T_2 - T_1) \quad \text{Ec. (3.3)}$$

Donde:

m = masa en [kg]

c = calor específico en [kcal/kg°C]

T_2 = Temperatura a la cual se debe calentar [°C].

$T_1 =$ Temperatura actual [$^{\circ}\text{C}$]

A partir del calor calculado se calcula la potencia eléctrica que se le debe suministrar al Heat Blanket mediante la Ecuación 3.4:

$$P = V_{rms} I_{rms} \quad \text{Ec. (3.4)}$$

Si $V_p = \sqrt{2} \cdot V_{rms}$ para una onda sinusoidal completa y $x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{t_1}^{t_2} [f(t)]^2 \cdot dt}$,

entonces resolviendo la Ecuación 3.4 con valores rms quedará:

$$P = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} [V_p \sin(\omega t)]^2 d(\omega t) + \frac{1}{2\pi} \int_{\pi+\alpha}^{2\pi} [V_p \sin(\omega t)]^2 d(\omega t) \dots}$$

$$\dots \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} [I_p \sin(\omega t)]^2 d(\omega t) + \frac{1}{2\pi} \int_{\pi+\alpha}^{2\pi} [I_p \sin(\omega t)]^2 d(\omega t)}$$

$$P = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} [V_p \sin(\omega t)]^2 d(\omega t)} \cdot \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} [I_p \sin(\omega t)]^2 d(\omega t)}$$

Resolviendo α se obtiene la Ecuación 3.5:

$$0 = \frac{2\pi P}{V_p I_p} - \pi + \alpha - \frac{\sin(2\alpha)}{2} \quad \text{Ec. (3.5)}$$

Donde:

$\alpha =$ Ángulo de disparo para el TRIAC.

$P =$ Potencia rms.

$V_p =$ Voltaje pico.

$I_p =$ Corriente pico.

A la Ecuación 3.4 se le halla la raíz mediante la combinación del método del Punto Medio y el de Newton Rapson en cada iteración, utilizando las Ecuaciones 3.6, 3.7 respectivamente.²⁶

²⁶ Ver información detallada en MATLAB Heron Morales Marchena Pág. 214.

$$x_{new} = \frac{x_1 + x_2}{2} \quad \text{Ec. (3.6)}$$

$$x_{new} = x_1 - \frac{f(x_1)}{f'(x_1)} \quad \text{Ec. (3.7)}$$

Donde x_1 y x_2 dan las suposiciones con $f(x_1) \cdot f(x_2) < 0$. La Figura 3.26 indica la estrategia de Newton Rapson:

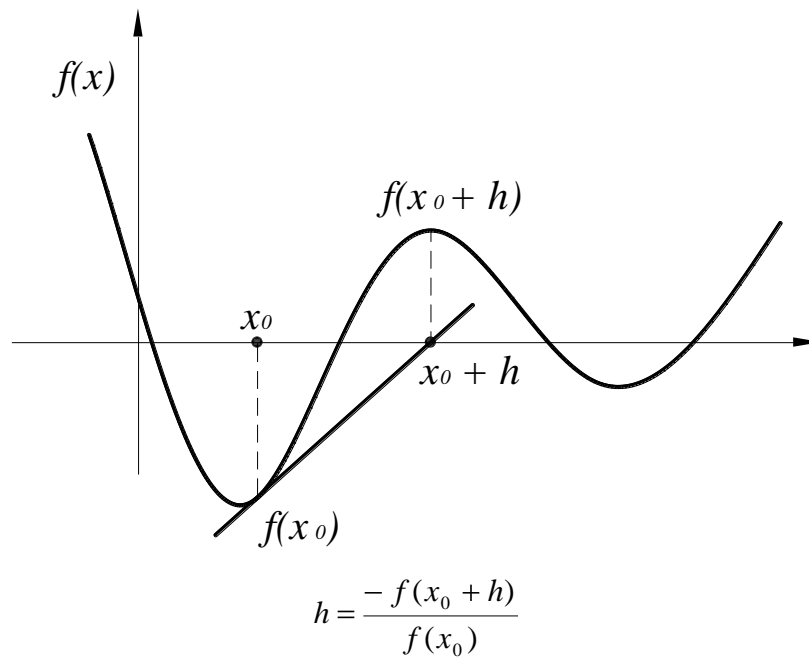


Figura 3.26. Estrategia de Newton Rapson.

3.3.2. PROGRAMA DE CONTROL DE TEMPERATURA

Para mantener controlada la temperatura a un nivel constante y en una rampa de calentamiento o enfriamiento se utiliza el mismo principio de programación explicado en el párrafo 3.3.1. El diagrama de bloques es el mostrado en las Figuras 3.27 y 3.28.

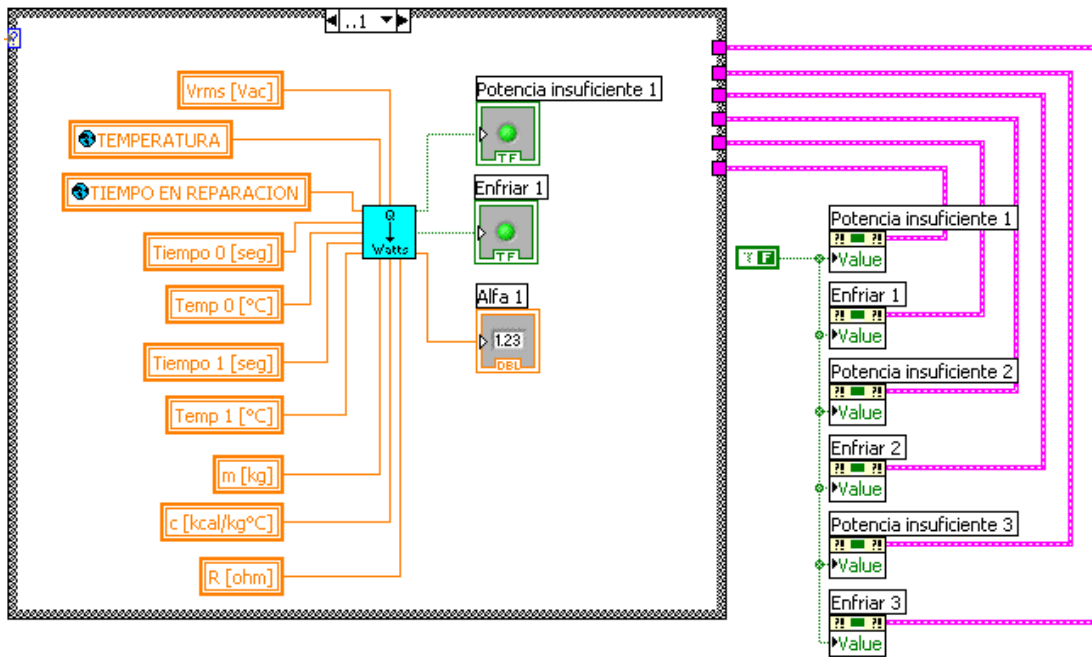


Figura 3.27. Diagrama de bloques para control de rampas de temperatura.

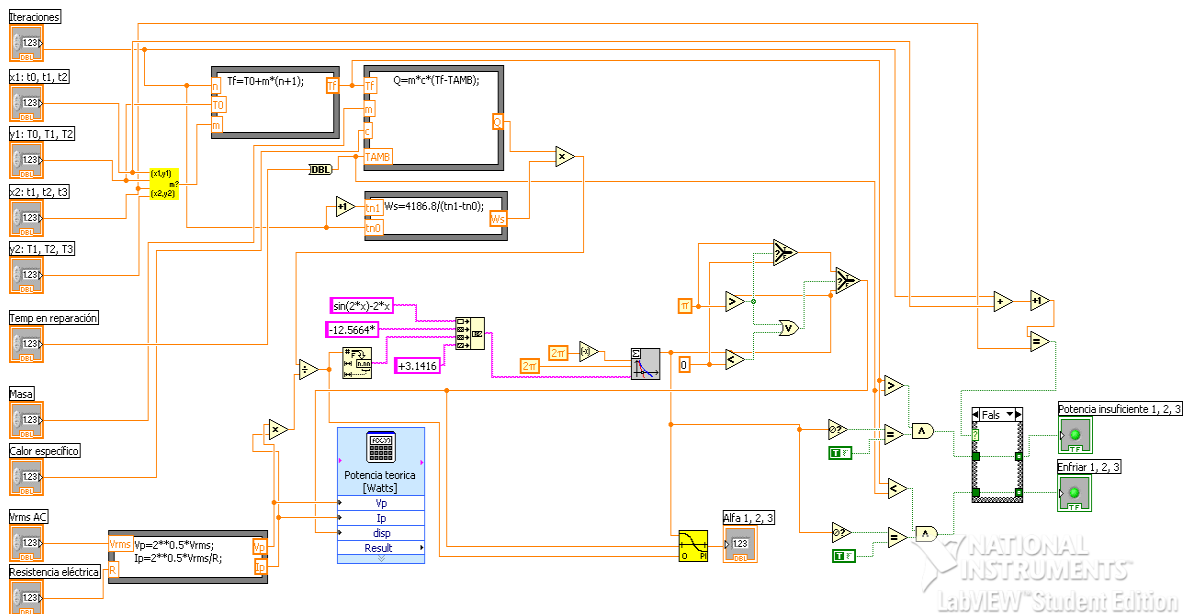


Figura 3.28. Diagrama de bloques para control de temperatura.

3.3.3. PROGRAMA DE CONTROL DE PRESIÓN DE VACÍO

En nuestro caso no es necesario un control de presión de vacío ya que el vacío se lo mantiene constante a 22 [in-Hg] mínimo, el mismo que es medido con manómetros de vacío y mediante el software en un instrumento virtual, en otras palabras nuestro proyecto solamente mide vacío para controlar alarmas visuales y audibles en el caso de una

disminución de la cantidad de vacío menor a 22 [in-Hg]. En la Figura 3.29 se muestra el indicador de vacío. La señal de milivoltios es ingresada en la Ecuación 3.8, debido a que la salida del sensor de vacío es lineal. Para conseguir la Ecuación 3.8 experimentalmente se obtuvieron los datos de la Tabla 3.7 bajo las condiciones mostradas en la Figura 3.30 y luego fueron ingresadas a Microsoft EXCEL para hallar la ecuación de la línea de tendencia.

$$[in - Hg] = -0.2324 \frac{[mV] - 0.0075}{0.0001} + 20.094 \quad \text{Ec. (3.8)}$$



Figura 3.29. Indicador de vacío

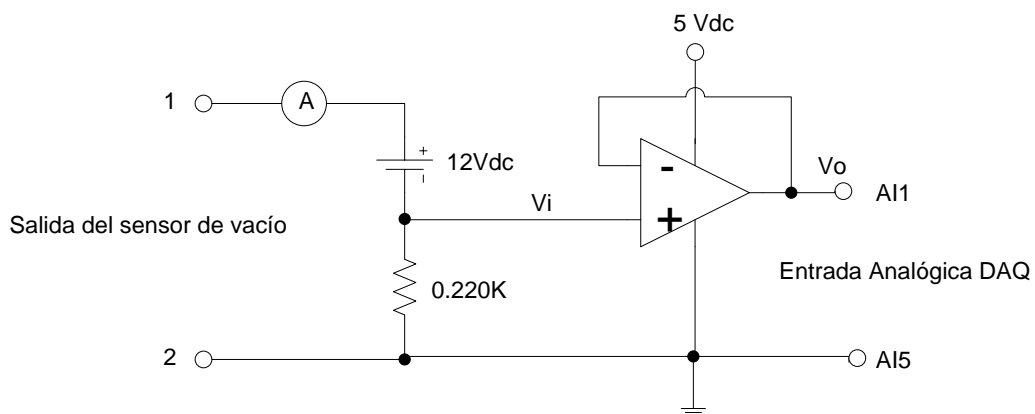


Figura 3.30. Circuito de salida de señal analógica sensor de vacío.

in-Hg Manómetro	Voltaje salida promedio	in-Hg Calculado
0	0.0147	3.3612
3	0.0145	3.826
4	0.0144	4.0584
5	0.0143	4.2908
6	0.0139	5.2204
7	0.0134	6.3824
8	0.0131	7.0796
9	0.0126	8.2416
10	0.012	9.636
11	0.0116	10.5656
12	0.0112	11.4952
13	0.0107	12.6572
14	0.0102	13.8192
15	0.0097	14.9812
16	0.0093	15.9108
17	0.0087	17.3052
18	0.0082	18.4672
19	0.0076	19.8616

Tabla 3.7. Tabla de datos obtenidos experimentalmente.

3.3.4. PROGRAMA DE CONTROL DE DISPARO

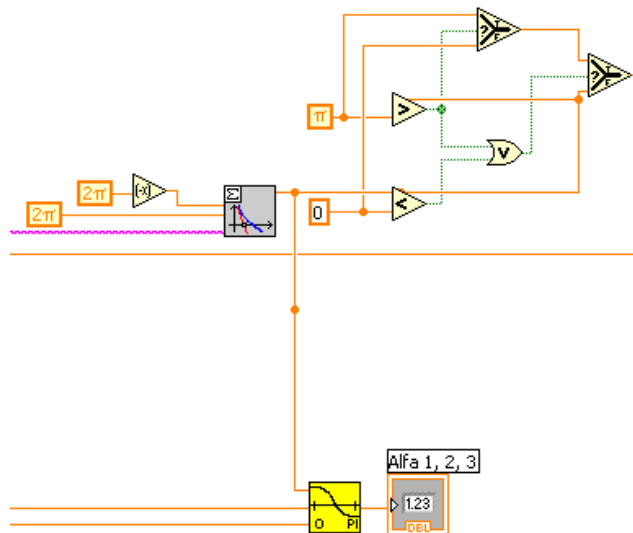


Figura 3.31. Limitación entre cero y pi radianes si la raíz es real y mayor que pi o menor que cero.

A la raíz en radianes de la Ecuación 3.5 se le convierte en voltaje de salida con la siguiente correspondencia: $0 - \pi$ [rad] corresponde a $0 - 2.62$ [Vdc]. Al encontrar la raíz de la Ecuación 3.5 se presentan dos casos que deben ser controlados: Raíz menor que cero

radianes y cuando la raíz es mayor que pi radianes; en el primer caso el software limita la raíz a cero radianes y en el segundo caso limita a pi radianes, en vista de que el disparo del TRIAC está dentro del intervalo entre cero y pi radianes. El circuito de disparo utiliza un temporizador NE555N y permite controlar el disparo de cero a pi radianes mediante el control de voltaje entregado al terminal 5 del temporizador; en nuestro caso se demostró experimentalmente que el control de voltaje debe estar dentro del intervalo de 0 a 2.62 [Vcd]. En la Figuras 3.31, 3.32, 3.33 se indica del diagrama de bloques de control de disparo.

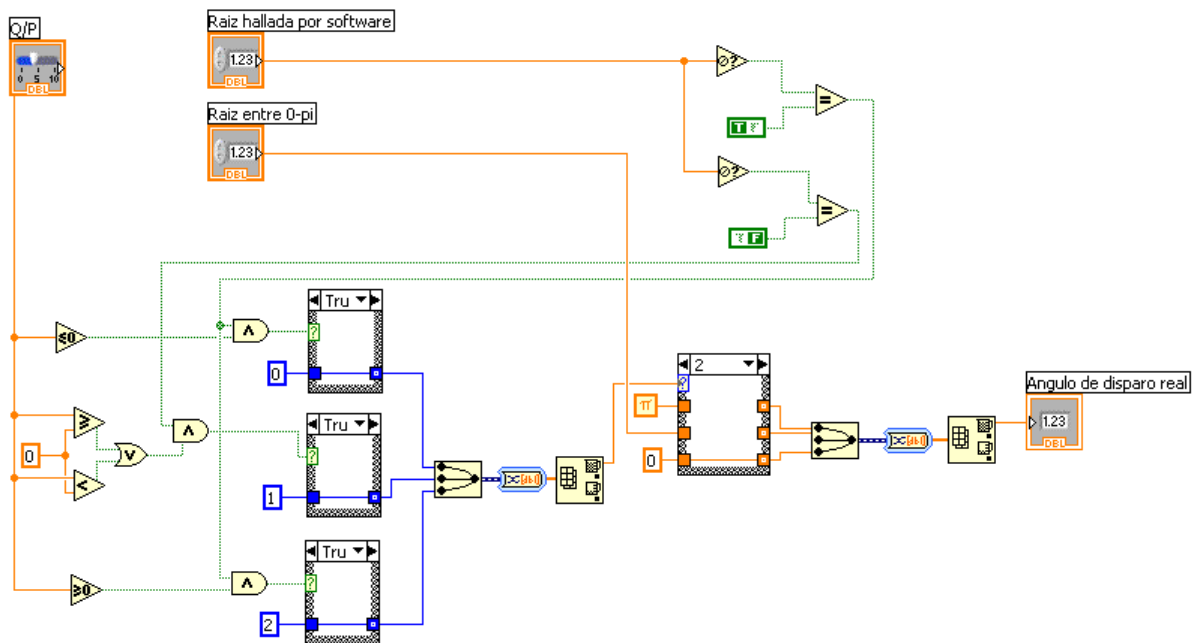


Figura 3.32. Limitación de la raíz si es que no existe en la iteración n, pero en n-1 tiende a más infinito o menos infinito.

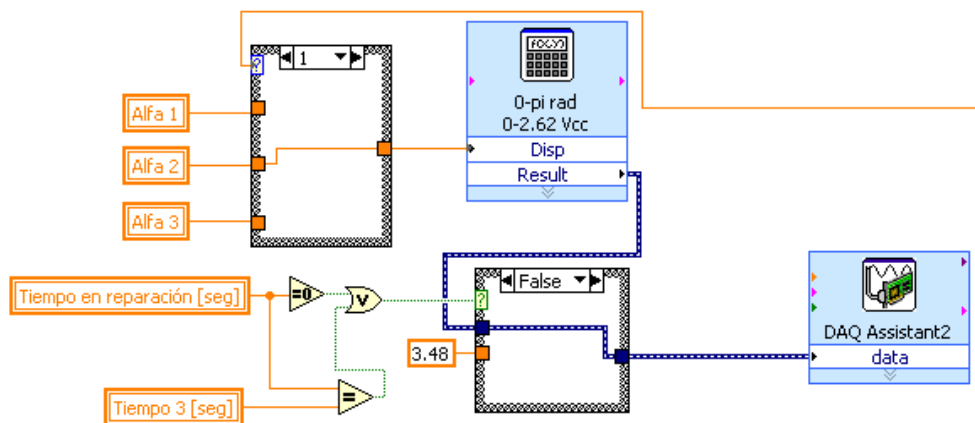


Figura 3.33. Conversión de radianes a voltios para salida analógica DAQ.

3.3.5. PROGRAMA DE REGISTRO E IMPRESIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO

En la Figura 3.34 las siguientes variables: Tiempo en reparación, temperatura en reparación, vacío en reparación y todas las alarmas visibles son grabadas a un archivo de medición basado en texto (.lvm). Se utiliza el *Write to Measurement File Express VI*. Nuestro software crea y escribe en cuatro archivos: *write general.xls*, *write heating.xls*, *write curing.xls* y *write cooling.xls* los cuales pueden ser leídos desde Microsoft Excel. El archivo *write general.xls* es archivado desde el inicio hasta el final de la reparación; el archivo *write heating.xls* es archivado solamente en el intervalo de tiempo correspondiente a la rampa de calentamiento; el archivo *write curing.xls* es archivado solamente en el intervalo de tiempo correspondiente a la temperatura de curado; el archivo *write cooling.xls* es archivado solamente en el intervalo de tiempo correspondiente a la rampa de enfriamiento. La diferenciación de intervalos se realiza mediante una estructura *case* de tres casos: Caso 1, rampa de calentamiento; Caso 2, temperatura de curado, Caso 3, rampa de enfriamiento. La estructura *case* es controlada por el siguiente programa mostrado en la Figura 3.35.

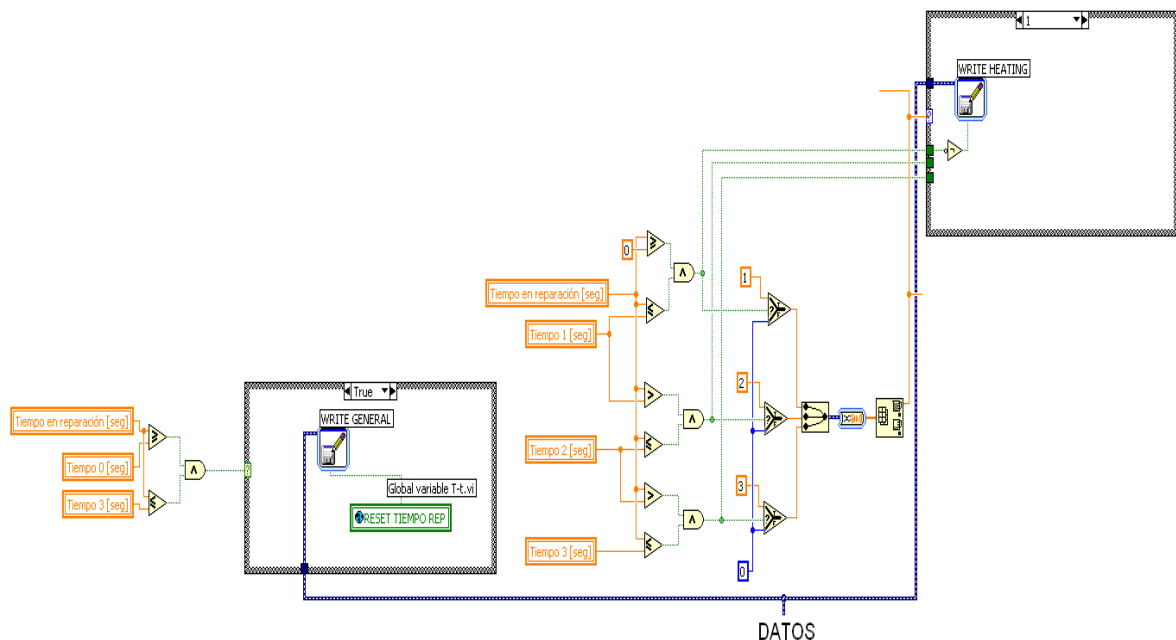


Figura 3.34. Programa de escritura de datos medidos.

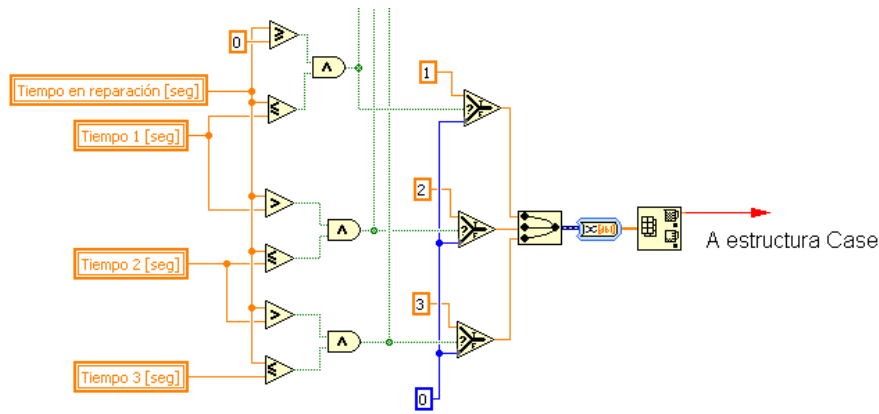


Figura 3.35. Control de la estructura case mediante intervalos de tiempo condicionados.

3.3.6. PROGRAMA DE MONITOREO DE LAS VARIABLES DEL PROCESO

Mediante los cuatro canales analógicos de DAQ obtenemos las señales de: temperatura, vacío, voltaje y presión.

Temperatura. La señal acondicionada de las termocuplas es ajustada al valor real en tres intervalos de medición: En el intervalo 0-120 la señal de voltaje es multiplicada por la Ecuación 3.9; en el intervalo 120-180 la señal de voltaje es multiplicada por la Ecuación 3.10; en el intervalo 180-750 la señal de voltaje es multiplicada por la Ecuación 3.11. El valor obtenido representa los grados Celsius en la reparación y se los muestra en un *Waveform Chart*. La programación se le puede ver en la Figura 3.36.

$$y = 7E - 18 \cdot x^5 - 2E - 13 \cdot x^4 + 2E - 9 \cdot x^3 - 6E - 6 \cdot x^2 + 0.1026 x - 0.1333 \quad \text{Ec. (3.9)}$$

$$y = -7E - 7 \cdot x^2 + 0.0976 x + 0.3227 \quad \text{Ec. (3.10)}$$

$$y = -1E - 10 \cdot x^3 + 5E - 7 \cdot x^2 + 0.094 x + 2.1531 \quad \text{Ec. (3.11)}$$

Donde:

x = valor en milivoltios entregado por el AD594AQ.

Las ecuaciones 3.9, 3.10 y 3.11, se las obtuvieron en Microsoft Excel calculando la Ecuación de la línea de tendencia de los milivoltios que corresponden a los grados Celsius dentro del intervalo 0 a 750 [°C]²⁷. En la Tabla 3.8 se muestra los milivoltios correspondientes a los grados Celsius.

Temperatura en la termocupla [°C]	Salida AD594AQ [mV]
0	3.1
10	101
20	200
25	250
30	300
40	401
50	503
60	606
80	813
100	1022
120	1233
140	1445
160	1659
180	1873
200	2087
220	2302
240	2517
260	2732
280	2946
300	3160
320	3374
340	3588
360	3801
380	4015
400	4228
420	4441
440	4655
460	4869
480	5084
500	5300
520	5517
540	5736
560	5956
580	6179
600	6404
620	6632
640	6862
660	7095
680	7332
700	7571
720	7813
740	8058

²⁷ Para mayor información refiérase a la Tabla 1 del manual del chip linealizador-amplificador ANALOG DEVICES AD594AQ Pág. 3, Anexo G.

Tabla 3.8. Milivoltios correspondientes a Grados Celsius.

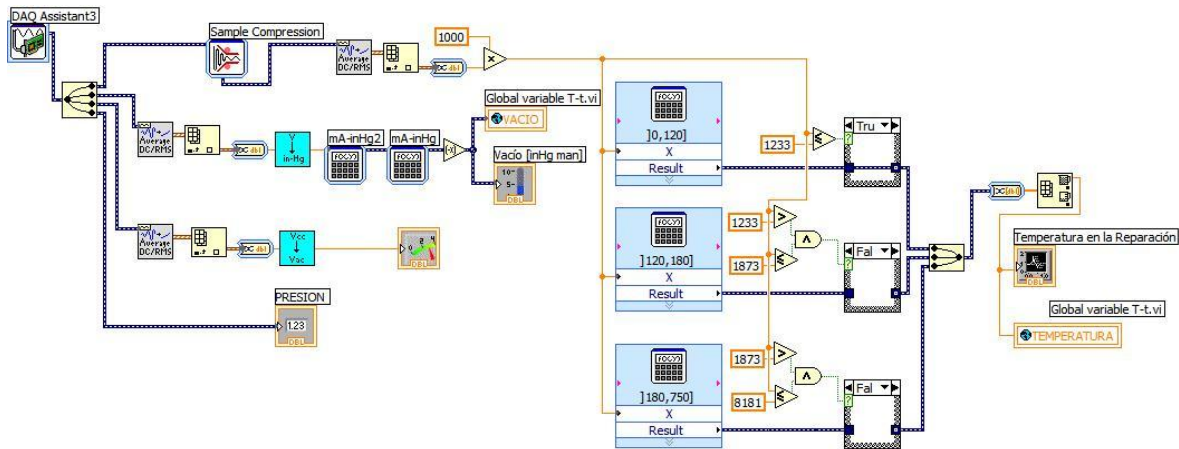


Figura 3.36. Programa de monitoreo de variables.

Vacío. La señal entregada por el sensor de vacío es multiplicada por la Ecuación 3.12 para posteriormente ser mostrada en un indicador del panel de control. La programación se le puede ver en la Figura 3.36.

in-Hg Manómetro	Voltaje salida promedio	in-Hg Calculado
0	0.0147	3.3612
3	0.0145	3.826
4	0.0144	4.0584
5	0.0143	4.2908
6	0.0139	5.2204
7	0.0134	6.3824
8	0.0131	7.0796
9	0.0126	8.2416
10	0.012	9.636
11	0.0116	10.5656
12	0.0112	11.4952
13	0.0107	12.6572
14	0.0102	13.8192
15	0.0097	14.9812
16	0.0093	15.9108
17	0.0087	17.3052
18	0.0082	18.4672
19	0.0076	19.8616

Tabla 3.9. Voltios correspondientes a pulgadas de mercurio de vacío.

$$[in - Hg] = -0.2324 \frac{[mV] - 0.0075}{0.0001} + 20.094$$

Ec. (3.12)

En la Tabla 3.9 se muestra los voltios correspondientes a las pulgadas de mercurio de vacío.

Voltaje. La señal entregada por el sensor de voltaje es multiplicada por la Ecuación 3.13 para posteriormente ser mostrada por un *Meter* en el panel de control. La programación se le puede ver en la Figura 3.37. Cabe resaltar que las mediciones de voltaje se las realiza en un intervalo de 100 a 135 [Vrms ac].

$$y = 61.948x - 72.06 \quad \text{Ec. (3.13)}$$

Donde:

x = valor en voltios entregado por el sensor de voltaje.

En la Tabla 3.10 se muestra los voltios correspondientes a los voltios de corriente continua del sensor de voltaje.

Voltaje en la red [Vrms ac]	Salida Sensor [Vdc]
101.4	2.8
113.8	3.0
126.2	3.2
138.6	3.4

Tabla 3.10. Voltaje en la red correspondientes al voltaje de corriente continua del sensor de voltaje.

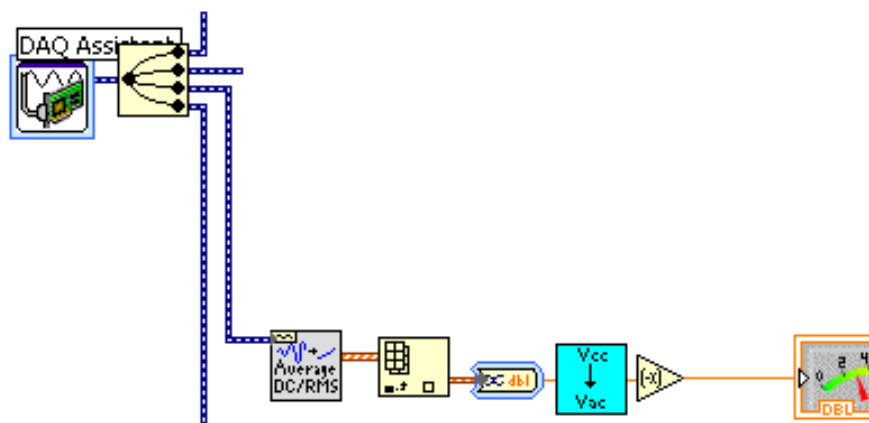


Figura 3.37. Programa de monitoreo de voltaje.

Presión. La señal entregada por el presóstato es de 5 ó 0 [Vdc], lo cual activa una señal visual de alarma cuando el voltaje es menor ó igual a 4 [Vdc].

3.3.7. PROGRAMA DE ALARMAS

El programa consiste en señales visibles en el panel de control que se activan cuando una variable ha llegado cierto nivel. Dichas alarmas se muestran en la Figura 3.38.

En la Figura 3.39 se indica de forma general el programa de alarmas visibles en el panel de control de las variables medidas.

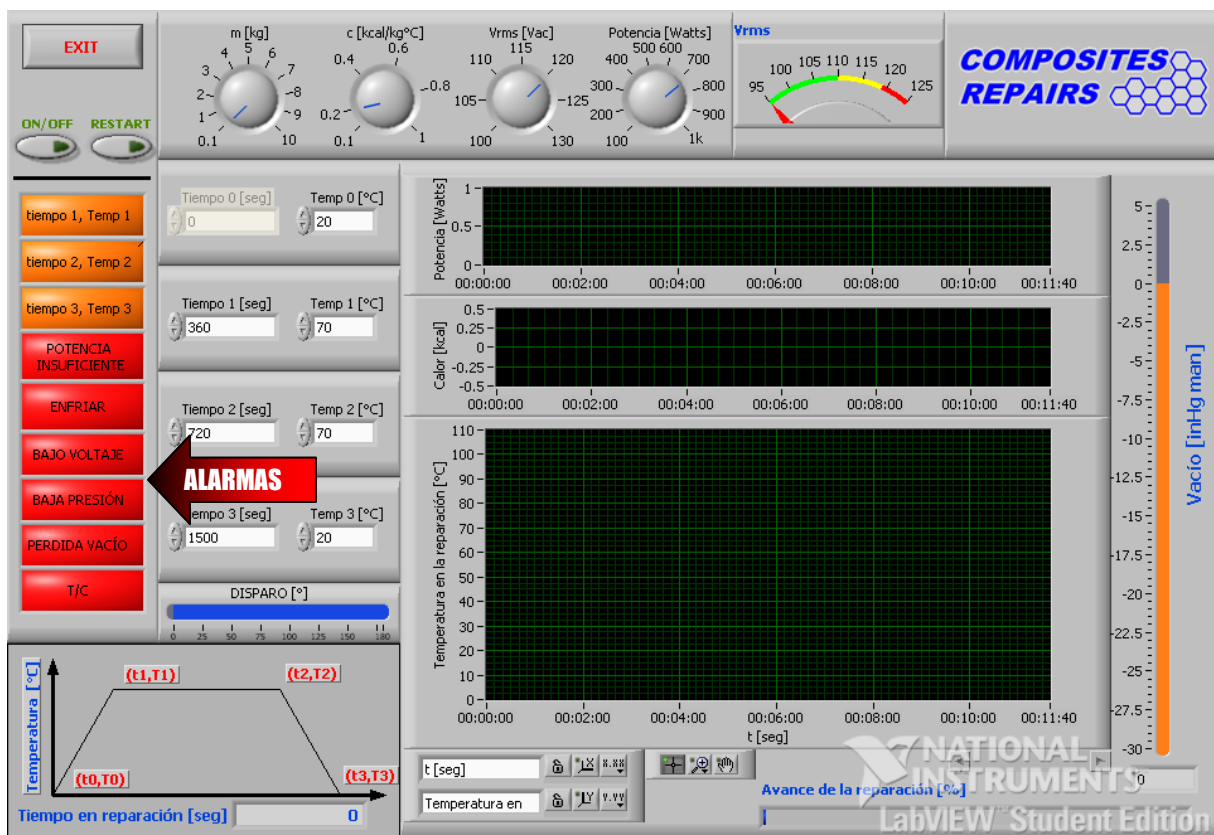


Figura 3.38. Alarmas visibles en el panel control.

3.3.8. ALARMA DE FALLA DE TERMOCUPLAS

Esta alarma es mostrada en un indicador visual ubicada en el panel control, el mismo que se activa si y solo si cuando las termocuplas no se encuentran conectadas y su valor indica en infinito o cero en un *Waveform Chart* del panel de control. Refiérase a la Figura 3.39 para la programación y Figura 3.40 para ver dicha alarma.

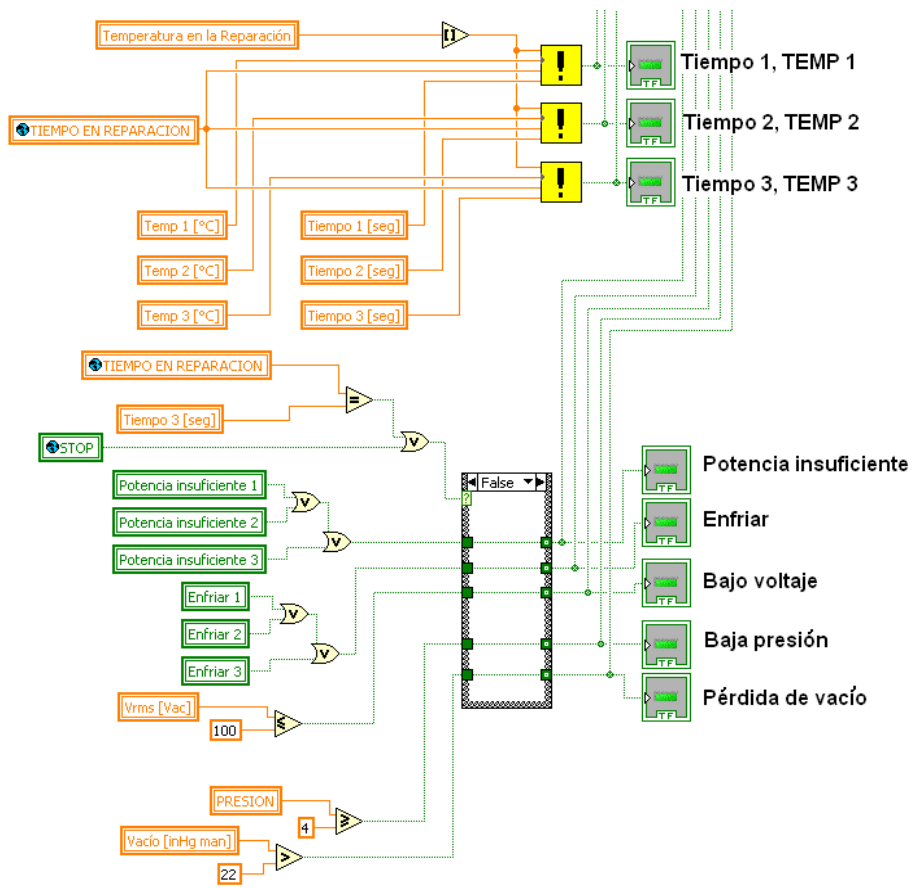


Figura 3.39. Programa de Alarmas.

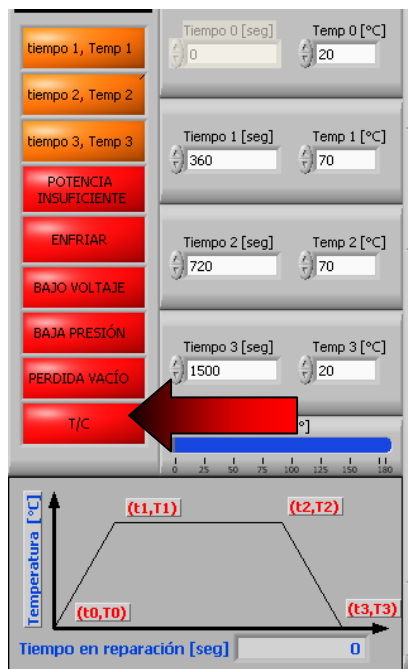


Figura 3.40. Alarma de falla de termocuplas.

3.3.9. ALARMA DE PÉRDIDA DE PRESIÓN DE VACÍO

Esta alarma es mostrada en un indicador visual ubicada en el panel control, el mismo que se activa si y solo si el valor de presión de vacío existente en la reparación es menor a 22 [in-Hg]. Refiérase Figura 3.39 para la programación y la Figura 3.40 para ver dicha alarma (panel frontal).

3.3.10. ALARMA DE ALTO Y BAJO NIVEL DE TEMPERATURA

Estas alarmas son identificadas como tiempo 1, Temp 1; tiempo 2, Temp 2 y tiempo 3, Temp 3 las cuales actúan de la siguiente manera: tiempo 1, Temp 1 se enciende cuando la temperatura en la reparación es mayor o igual que la temperatura final de la rampa de calentamiento o cuando el tiempo límite de la rampa de calentamiento ha sido alcanzado sin que necesariamente se haya llegado a la temperatura final de la rampa de calentamiento. Tiempo 2, Temp 2 se enciende cuando la temperatura en la reparación es mayor o igual que la temperatura de curado o cuando el tiempo límite del intervalo de curado ha sido alcanzado sin que necesariamente se haya llegado a la temperatura de curado. Tiempo 3, Temp 3 se enciende cuando la temperatura en la reparación es menor o igual que la temperatura final de la rampa de enfriamiento o cuando el tiempo límite de la rampa de enfriamiento ha sido alcanzado sin que necesariamente se haya llegado a la temperatura final de la rampa de enfriamiento, en la Figura 3.39 se muestra la programación y Figura 3.40 se muestra dichas alarmas.

3.3.11. ALARMA DE PERDIDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Esta alarma es identificada como BAJO VOLTAJE y se enciende cuando el voltaje rms de la red de suministro de energía eléctrica es menor o igual a 100 [Vrms]; en la Figura 3.40 se muestra dicha alarma.

3.3.12. ALARMA DE PÉRDIDA DE PRESIÓN

Esta alarma es identificada como BAJA PRESIÓN y se enciende cuando la presión del suministro de aire comprimido es menor ó igual a 30 [Psi]; en la Figura 3.40 se muestra dicha alarma.

3.3.13. CONTROL PID

Estos controladores han mostrado ser robustos y extremadamente beneficiosos en el control de muchas aplicaciones de importancia en la industria.

PID significa:

P = Proporcional

I = Integral

D = Derivativo

Históricamente, ya las primeras estructuras de control usaban las ideas del control PID. Sin embargo, no fue hasta el trabajo de Minorsky²⁸ de 1922, sobre conducción de barcos, que el control PID cobró verdadera importancia teórica. Hoy en día, a pesar de la abundancia de sofisticadas herramientas y métodos avanzados de control, el controlador PID es aún el más ampliamente utilizado en la industria moderna, controlando más del 95% de los procesos industriales en lazo cerrado.

Consideremos el lazo básico de control SISO que muestra en la Figura 3.41.

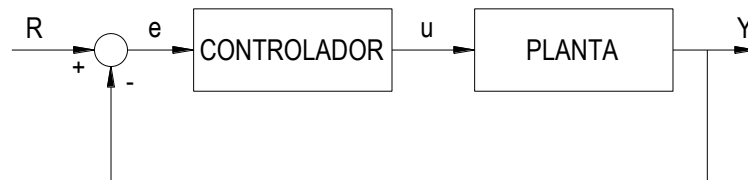


Figura 3.41. Lazo básico de control SISO.

La función de transferencia 3.14 del controlador PID se muestra como sigue:

$$K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s = \frac{K_d s^2 + K_p s + K_i}{s} \quad \text{Ec.}$$

(3.14)

Donde:

²⁸ Minorsky, "Directional stability of automatically steered bodies", *Journal of the American Society of Naval Engineering*, Vol. 34, p. 284, 1922.

K_p = Ganancia proporcional

K_i = Ganancia integral

K_d = Ganancia derivativa

La variable (e) representa el error, es decir la diferencia entre el valor de entrada deseado (R) y la salida actual (Y). Esta señal de error será enviada al controlador PID, y el controlador computa lo integral y derivativo de esta señal de error. La señal (u) es igual a la multiplicación de (K_p) por la magnitud del error la multiplicación de (K_i) por la integral del error más la multiplicación de (K_d) multiplicada por la derivada del error y está dada por la Ecuación 3.15.

$$u = K_p e + K_i \int e dt + K_d \frac{de}{dt} \quad \text{Ec. (3.15)}$$

Esta señal (u) será enviada a la planta y la nueva salida (Y) será obtenida. Esta nueva salida (Y) será enviada nuevamente de regreso al sensor para encontrar la nueva señal de error (e). El controlador toma este nuevo error y computa su integral y derivada nuevamente. Este proceso es repetitivo.

Características de los controladores P, I y D

Un controlador proporcional (K_p) tendrá el efecto de reducir el tiempo de subida y reducirá, pero nunca eliminará, el error de estado estable. Un controlador integral (K_i) tendrá el efecto de eliminar el error de estado estable, pero podría hacer una peor respuesta transitoria. Un control derivativo (K_d) tendrá el efecto de incrementar la estabilidad del sistema, reduciendo el valor pico y mejorando la respuesta transitoria. Los efectos de cada uno de los controladores K_p , K_d y K_i en un sistema de lazo cerrado son resumidos en la Tabla 3.11 mostrada a continuación:

	TIEMPO DE SUBIDA	VALOR PICO	TIEMPO DE ASENTAMIENTO	ERROR DE ESTADO ESTABLE
K_p	Disminuye	Aumenta	Cambio pequeño	Disminuye
K_i	Disminuye	Aumenta	Aumenta	Elimina
K_d	Cambio pequeño	Disminuye	Disminuye	Cambio pequeño

Tabla 3.11. Características de los controladores P, I y D.

Nótese que estas correlaciones no podrían ser exactas porque K_p , K_i y K_d son dependientes uno del otro. En efecto, cambiando una de esas variables puede cambiar el efecto de las otras dos. Por esta razón, la tabla solamente podría ser usada como una referencia cuando se está determinando los valores de K_i , K_p y K_d .

El objetivo de nuestro proyecto es ver como K_p , K_i y K_d contribuyen para obtener una respuesta rápida en el tiempo, mínimo valor pico y ningún error de estado estable. A continuación en la Figura 3.42 se muestra los efectos de controladores P, I y D en un sistema de lazo cerrado.

No es necesario implementar un controlador PID en un sistema; se puede usar simplemente uno PI que de resultados satisfactorios ó para otro caso un PD. Se debe mantener el controlador lo más simple como sea posible²⁹.

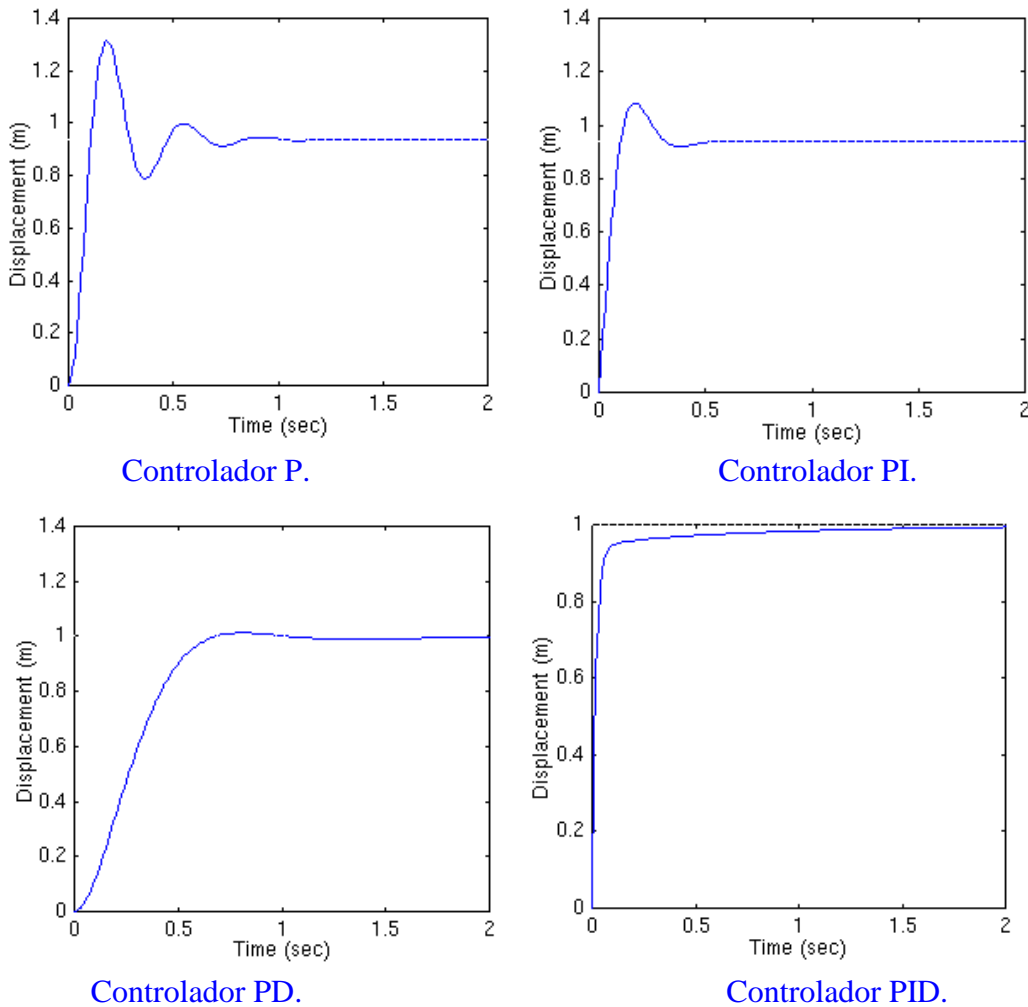


Figura 3.42. Efectos de los controladores P, PI, PD, PID.

²⁹ Fuente: www.engin.umich.edu/group/ctm/

3.3.14. PROGRAMA DE ACTUALIZACIÓN AUTOMÁTICA DE PARÁMETROS EN CASO DE FALLA

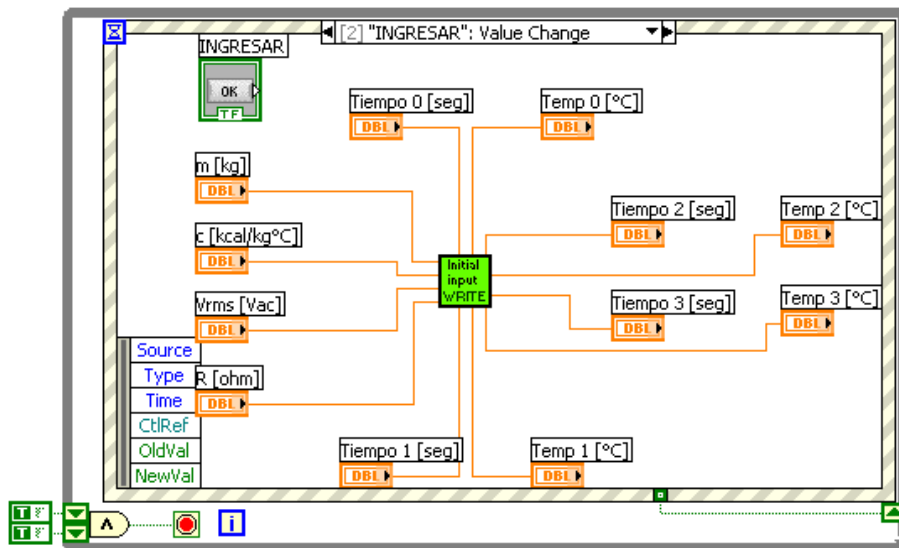


Figura 3.43a. Diagrama de bloques de escritura en un archivo.

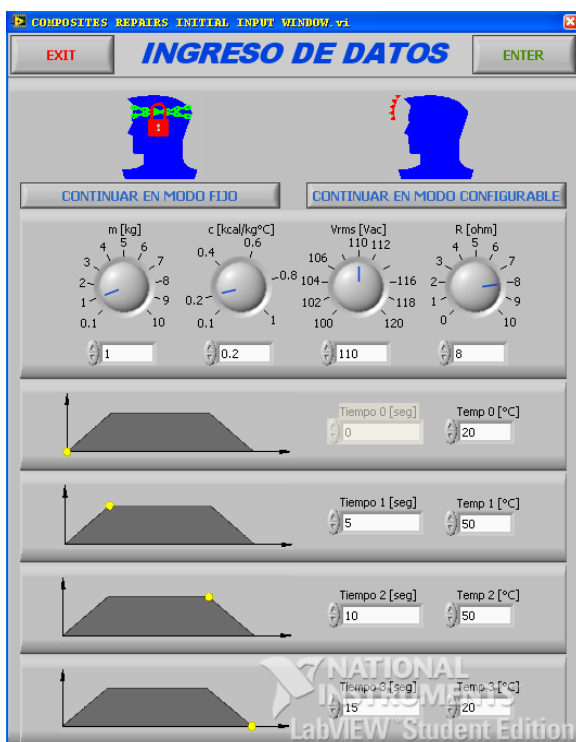


Figura 3.43b. Ventana de diálogo de ingreso de setpoint.

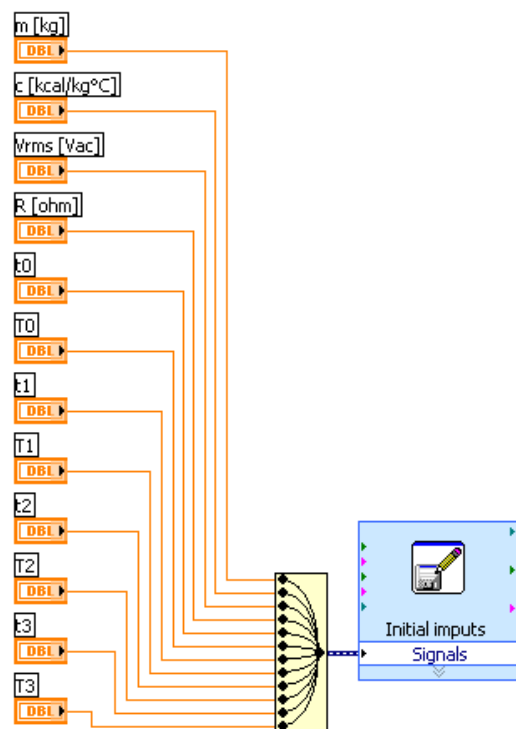


Figura 3.43c. Diagrama de bloques del SubVI de escritura en un archivo.

Este programa consiste en guardar en un archivo todos los *setpoint* que el usuario ingresa con el fin de que en el caso de una falla no se tenga necesidad de ingresar nuevamente los mencionados datos. Es considerada como falla aplicable a este programa un colapso de la computadora o perdida completa de energía eléctrica. En las Figuras 3.43 se muestra el diagrama de bloques y la ventana de diálogo respectivamente.

3.3.15. PROGRAMA DE CAMBIO DE PARÁMETROS DURANTE EL PROCESO

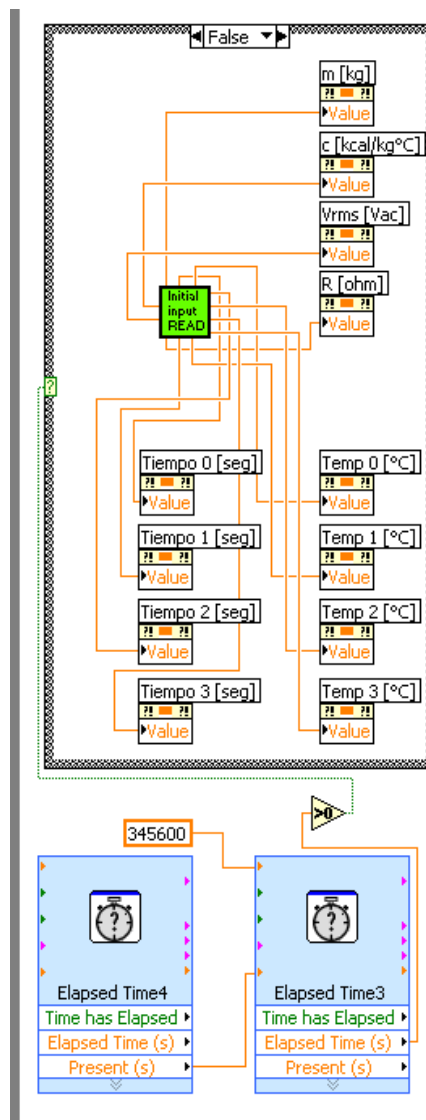


Figura 3.44. Diagrama de bloques de cambios de setpoint durante el proceso.

En este modo si se puede cambiar los setpoints durante el proceso, siempre y cuando se lo haga en un tiempo mayor al que se lleve a cabo el evento del setpoint. En la Figura 3.44 se muestra el diagrama de bloques de este programa.

CAPITULO IV

4. IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se presentan los equipos, tarjetas de control, sensores, acondicionadores de señal de salida analógica y demás accesorios que se utilizaron para la implementación del hardware del equipo de reparación de materiales compuestos.

4.1. HARDWARE

Término del inglés **HARDWARE** o soporte físico que se utiliza generalmente para describir los artefactos físicos de una tecnología. En un sentido más corto, el hardware puede ser equipo electrónico, o equipo informático. El hardware se refiere a todos los componentes físicos que se pueden tocar de la computadora: discos, unidades de disco, monitor, teclado, ratón, impresora, placas, chips y demás periféricos. En dicho conjunto se incluyen los dispositivos electrónicos y electromecánicos, circuitos, cables, tarjetas, armarios o cajas, periféricos de todo tipo y otros elementos físicos.

Como hardware utilizado en este trabajo podemos citar los siguientes:

- Computadora portátil.
- Fuente de poder.
- Tarjeta de adquisición de datos.
- Sensor de vacío.
- Termocuplas.
- Acondicionador de señal.
- Circuito seguidor de impedancia.
- Circuito de disparo.
- Tiristor de potencia.
- Sensor de voltaje.
- Presóstato.

Las características de estos dispositivos se detallan a continuación:

Computadora.

COMPUTADORA	
Sistema	Microsoft Windows XP Profesional Versión 2002
Equipo	Intel® Pentium® 4 Mobile, Family CPU 1.70GHz, 1.19GHz , 256MB de RAM
Marca	DELL
Modelo	INSPIRON 2650

Tabla 4.1. Características de la computadora.

Fuente de poder.

Fuente de Poder	
Entrada	110 [Vac]
Salida	5 y 12 [Vdc]

Tabla 4.2. Características de la fuente de poder.

Tarjeta de adquisición de datos.

DAQ 6008	
Bus	USB
Entradas análogas	8 SE/4 DI
Resolución de la entrada (bits)	12
Tase de muestreo [S/s]	10 K
Rango de entrada [V]	± 1 a ± 20
Acondicionamiento de señal integrado	No
Salidas análogas	2
Resolución de la salida [bits]	12
Tasa de salida [S/s]	150
Número de canales digitales	12
Número de contadores	1
Software controlador	NI-DAQmx, NI-DAQmx Base

Tabla 4.3. Características de la DAQ.

Sensor de vacío.

Sensor de vacío	
Presión de operación [bar]	1 a 0
Límite de sobrepresión [bar]	18
Corriente de salida [mA]	4 a 20
Voltaje de alimentación [Vdc]	11 a 30
Grado de protección IP	65

Tabla 4.4. Características del sensor de vacío.

Termocuplas.

Termocupla	
Tipo ANSI	J
Número de juntas	1
Tornillo de sujeción	1/4 [in]
Construcción del cable	Flexible
Aislamiento del cable	Fibra de vidrio
Protección del cable	Blindaje
Longitud	2 [m]
Terminación	3/4 [in] cable desnudo
Limites especiales de error	Ninguno

Tabla 4.5. Características de las termocuplas.

Acondicionador de señal.

AD594AQ	
Pre-configurado para	Termocupla Tipo J
Salida de voltaje de baja impedancia	10 [mV/°C]
Compensación de punto frío	SI
Amplio rango de suministro de energía	.+5 [V] a +/-15 [V]
Baja potencia	< 1 [mW]
Alarma de falla de termocupla	SI
Precisión	1 [°C]
Modo de operación Setpoint	SI
Entrada diferencial de alta impedancia	SI

Tabla 4.6. Características del acondicionador de señal.

Circuito seguidor de impedancias.

LM358N	
Alimentación de voltaje	32 [Vdc]
Rango de voltaje de entrada diferencial	+/- 32[Vdc]
Entrada de corriente	50[mA]
Rango de temperatura de almacenamiento	-55 a 125[°C]
Rango de temperatura ambiente de operación	0 a 70 [°C]

Tabla 4.7. Características del seguidor de impedancias.

Circuito de disparo.

Tarjeta de disparo	
Entrada detector de cruce por cero	110 [Vac]
Alimentación	5 [Vdc]
Rango de control	0 a pi [rad]
Entrada control de voltaje	0 a 2.62 [Vdc]
Optoacoplado	SI
Salida	2.62 [Vdc]

Tabla 4.8. Características del circuito de disparo.

Tiristor de potencia.

Características técnicas del TRIAC ECG 56030 $I_{T\text{ RMS}}$ Máxima Corriente 40 A.											
V _{RRM} DC or Peak Volts	I _{GT} MIN [mA] quadrants I and III	I _{GT} MIN [mA] quadrants II and IV	V _{GT} Max [V]	I _{surge} Max [A]	I _{Hold} Min [mA]	V _{on} Max [V]	V _{GM} (V)	P _G A _v [W]	Operating Temperature T _J °C	Off State dv/dt (Typ) V/μsec	Operating Quadrants
400	50	80	2.5	300	60	2.0	±10	.75	-65 to +110	100	I,II,III,IV

Tabla 4.9. Características del tiristor de potencia.

Sensor de voltaje.

Sensor de Voltaje	
Rango de entrada	100 a 135 [Vac]
Rango de salida	2.8 a 3.4 [Vdc]

Tabla 4.10. Características del sensor de voltaje.

Presóstato.

Presóstato	
Presión máxima	150 [psi]
Presión mínima	0 [psi]
Voltaje de salida	110 [Vac] máx.

Tabla 4.11. Características del presóstato.

4.2. PERIFÉRICOS

Se denominan periféricos tanto a las unidades o dispositivos a través de los cuales el ordenador se comunica con el mundo exterior, como a los sistemas que almacenan o archivan la información, sirviendo de memoria auxiliar de la memoria principal.

Se entenderá por periférico a todo conjunto de dispositivos que, sin pertenecer al núcleo fundamental de la computadora, formado por la CPU y la memoria central, permitan realizar operaciones de entrada/salida (E/S) complementarias al proceso de datos que realiza la CPU. Estas tres unidades básicas en un computador, CPU, memoria central y el subsistema de E/S, están comunicadas entre sí por tres buses o canales de comunicación: el bus de direcciones, para seleccionar la dirección del dato o del periférico al que se quiere acceder, el bus de control, básicamente para seleccionar la operación a realizar sobre el dato (principalmente lectura, escritura o modificación) y el bus de datos, por donde circulan los datos.

Los periféricos mas importantes y necesarios para este trabajo son:

- Sensor de vacío.
- Sensor de temperatura.
- Sensor de voltaje.
- Presóstato.
- DAQ.

4.3. CIRCUITOS DE DISPARO PARA TIRISTORES

Para realizar el control de fase del tiristor de potencia BTA 26-600B se diseñó un circuito de disparo y detección de cruce por cero, con ello se logra mantener el control de entrega de energía a la carga resistiva; luego dicho circuito fue implementado en una tarjeta electrónica puesta en funcionamiento, dichos circuitos se muestran en las Figura 4.1 y Figura 4.2 respectivamente.

En la Figura 4.1 puede verse la aplicación práctica del control de energía de una carga resistiva mediante un TRIAC BTA 26-600B. La señal de energía viene desde el exterior del pin 3 del circuito monoestable ECG 955M que a su salida proporciona un pulso de salida que circulará a través del diodo emisor perteneciente al MOC 3011 (opto acoplador). Dicho diodo emite un haz luminoso que hace conducir al FOTOTRIAC a través de la resistencia 1k/1w tomando la tensión de MT2 del TRIAC de potencia. Este proceso produce una tensión de compuerta suficiente para excitar al TRIAC principal que pasa al estado de conducción provocando la entrega de energía a la carga resistiva y posteriormente calentándola. Debemos recordar que el TRIAC se desactiva automáticamente cada vez que la corriente pasa por cero, es decir, en cada semiciclo, por lo que es necesario redisparar el TRIAC en cada semionda o bien mantenerlo con la señal de control activada durante el tiempo que consideremos oportuno. Mientras el circuito de detección de cruce por cero se encarga de enviar una señal a través de un fotodiodo. Dicha señal circula a través de un haz de luz que activa el foto transistor 4N35 y este a su vez entrega una corriente base suficiente para que entre en conducción el transistor 3904 y active el circuito monoestable del temporizador ECG 955M a través del pin 2 (trigger) y luego generar el pulso de salida por el pin 3 de dicho temporizador.

Es importante mencionar que el TRIAC de potencia está montado sobre un disipador de calor constituido a base de aletas de aluminio y adicionalmente conectado un ventilador de 12 [Vdc] de forma que el semiconductor se refrigere adecuadamente.

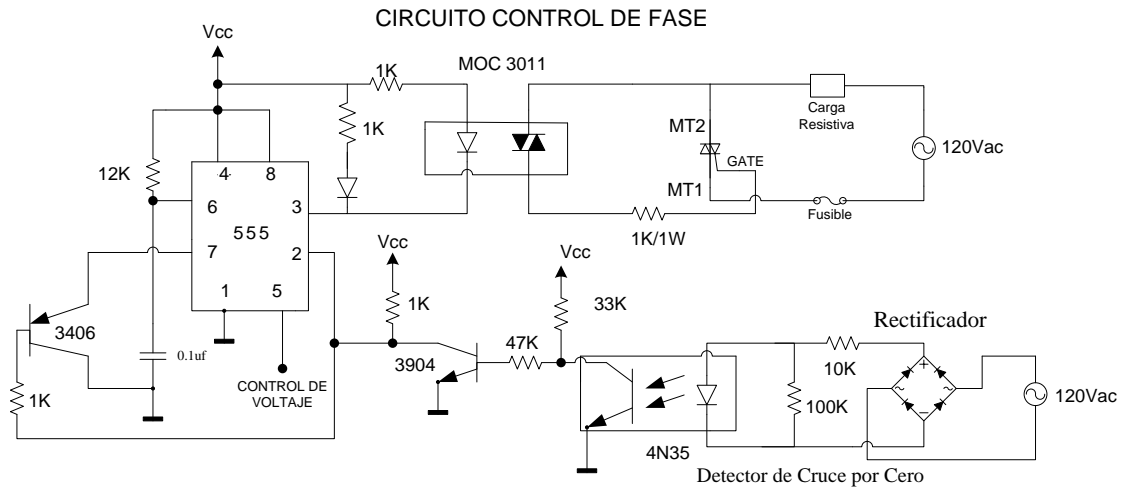


Figura 4.1. Circuito control de disparo y entrega de energía a la carga resistiva.

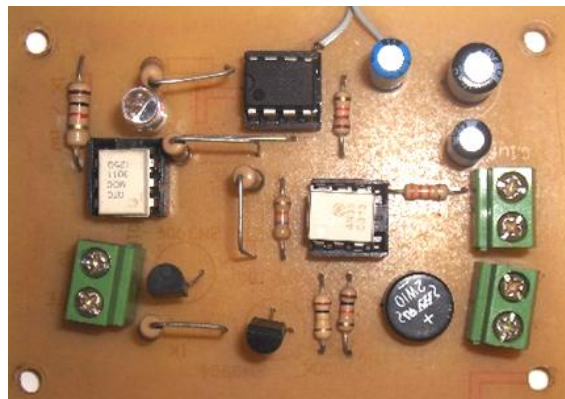


Figura 4.2. Tarjeta electrónica de control de disparo.

4.4. TIRISTORES

Un tiristor es uno de los más importantes dispositivos semiconductores de potencia. Los tiristores se utilizan en forma extensa en los circuitos electrónicos de potencia. Se operan como conmutadores biestables, pasando de un estado no conductor a un estado conductor. Para muchas aplicaciones se puede suponer que los tiristores son interruptores o conmutadores ideales, aunque los tiristores prácticos exhiben ciertas características y limitaciones.

Los tiristores se fabrican para intensidades de algunos amperios hasta unos 200 A eficaces y desde 400 a 1000 V de tensión de pico repetitivo. Los TRIAC son fabricados para funcionar a frecuencias bajas, los fabricados para trabajar a frecuencias medias son denominados *alternistores*.

Los tiristores de tres terminales son, sin lugar a dudas, los dispositivos de uso más común en los circuitos de control de potencia. Se utilizan ampliamente para cambiar o rectificar aplicaciones y actualmente se encuentran en clasificaciones que van desde unos pocos amperios hasta un máximo de 3000 [A].

Tiristor bidireccional (TRIAC).

El TRIAC es un dispositivo semiconductor de tres terminales que se usa para controlar el flujo de corriente promedio a una carga, con la particularidad de que conduce en ambos sentidos y puede ser bloqueado por inversión de la tensión o al disminuir la corriente por debajo del valor de mantenimiento. El TRIAC puede ser disparado independientemente de la polarización de puerta, es decir, mediante una corriente de puerta positiva o negativa. En la Figura 4.3 se muestra el TRIAC de potencia utilizado en este trabajo.

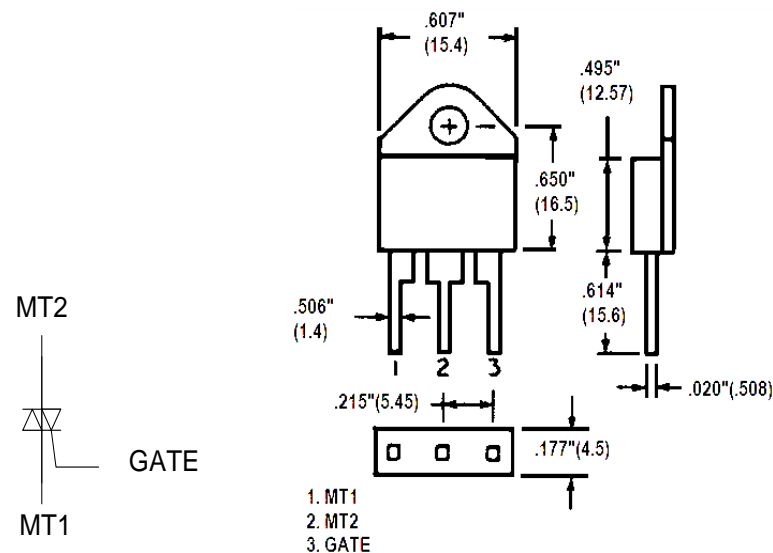


Figura 4.3. Tiristor de potencia BTA 26-600B.

Es un dispositivo que se comporta como dos SCR conectados en antiparalelo, con una compuerta de paso común; puede ir en cualquier dirección desde el momento en que el

voltaje de ruptura se sobrepasa. El símbolo del TRIAC se ilustra en la Figura 4.3 y su característica corriente-voltaje en la Figura 4.4. El voltaje de ruptura en un TRIAC disminuye si se aumenta la corriente de compuerta, en la misma forma que lo hace en un SCR, con la diferencia que un TRIAC responde tanto a los impulsos positivos como a los negativos de su compuerta. Una vez encendido, un TRIAC permanece así hasta que su corriente cae por debajo de I_H (Corriente de mantenimiento).

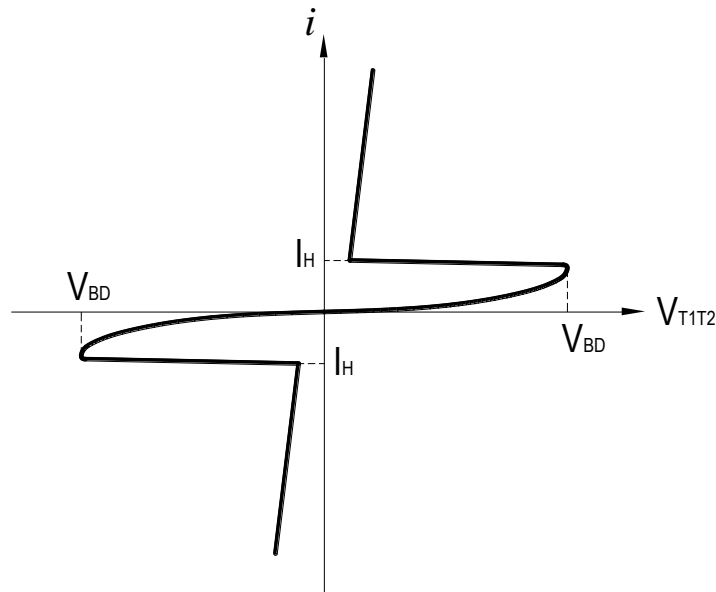


Figura 4.4. Característica Tensión – Corriente del TRIAC.

La Figura 4.4 describe la característica tensión – corriente del TRIAC. Muestra la corriente a través del TRIAC como una función de la tensión entre los ánodos MT2 y MT1.

El punto V_{BD} (tensión de ruptura) es el punto por el cual el dispositivo pasa de una resistencia alta a una resistencia baja y la corriente, a través del TRIAC, crece con un pequeño cambio en la tensión entre los ánodos. El TRIAC permanece en estado ON hasta que la corriente disminuye por debajo de la corriente de mantenimiento I_H . Esto se realiza por medio de la disminución de la tensión de la fuente. Una vez que el TRIAC entra en conducción, la compuerta no controla más la conducción, por esta razón se acostumbra dar un pulso de corriente corto y de esta manera se impide la disipación de energía sobrante en la compuerta.

El mismo proceso ocurre con respecto al tercer cuadrante, cuando la tensión en el ánodo MT2 es negativa con respecto al ánodo MT1 y obtenemos la característica invertida. Por

esto es un componente simétrico en cuanto a conducción y estado de bloqueo se refiere, pues la característica en el cuadrante I de la curva es igual a la del III. A continuación en la Tabla 4.12 se indica algunas de las características técnicas del TRIAC de potencia y en la Tabla 4.13 la descripción de las características técnicas.

Características técnicas del TRIAC ECG 56030 $I_{T\text{ RMS}}$ Máxima Corriente 40 A.											
V _{RRM} DC or Peak Volts	I _{GT MIN} [mA] quadrants I and III	I _{GT MIN} [mA] quadrants II and IV	V _{GT} Max [V]	I _{surge} Max [A]	I _{Hold} Min [mA]	V _{on} Max [V]	V _{GM} (V)	P _G A _v [W]	Operating Temperature T _J °C	Off State dv/dt (Typ) V/μsec	Operating Quadrants
400	50	80	2.5	300	60	2.0	±10	.75	-65 to +110	100	I,II,III,IV

Tabla 4.12. Características técnicas del TRIAC ECG 56030.

V _{DRM}	Tensión de pico repetitivo en estado de bloqueo, es el máximo valor de tensión admitido de tensión inversa, sin que el TRIAC se dañe.
I _{T(RMS)}	Corriente en estado de conducción, es la corriente pico máxima que puede pasar a través del TRIAC, en estado de conducción. En general esta dada a 50 o 60 Hz.
I _H	Corriente de mantenimiento, la corriente directa por debajo de la cual el TRIAC volverá del estado de conducción al estado de bloqueo.
I _{GT MIN}	Corriente de compuerta para los cuadrantes I y III en [mA].
I _{GT MIN}	Corriente de compuerta para los cuadrantes II y IV en [mA].
I _{SURGE MAX}	Corriente máxima de sobre corriente [A].
dv/dt	Velocidad crítica de crecimiento de tensión en el estado de bloqueo, designa el ritmo de crecimiento máximo permitido de la tensión en el ánodo antes de que el TRIAC pase al estado de conducción. Se da a una temperatura de 100°C y se mide en V/m s.

Tabla 4.13. Descripción de características técnicas del TRIAC de potencia.

4.5. HEAT BLANKET

El control de la temperatura y la uniformidad exacta del calor son difíciles con las lámparas del calor y otros artefactos de aire caliente. Los hornos y las mantas de calor temporales ofrecen un control mejor de la temperatura que cura e incluso mejora la distribución de la calefacción.

Una manta de calor del mismo tamaño que la del área de reparación es demasiado pequeña. Las mantas de calor deben ser considerablemente más grandes que el área que es curada. Por ejemplo, una reparación circular del diámetro 8 [in] requerirá por lo menos una manta de calor del diámetro 12 [in]. Usar este tamaño de la manta permite la colocación de la

termocupla adecuadamente dentro de los bordes de la reparación y a su vez sensor la temperatura. También, las temperaturas caen a 2 pulgadas del borde de la manta. En el mismo borde de la manta, la temperatura es más fría que en su centro. La manta de calefacción utilizada en nuestro trabajo se indica en la Figura 4.5.



Figura 4.5a. Descripción del Heat Blanket.

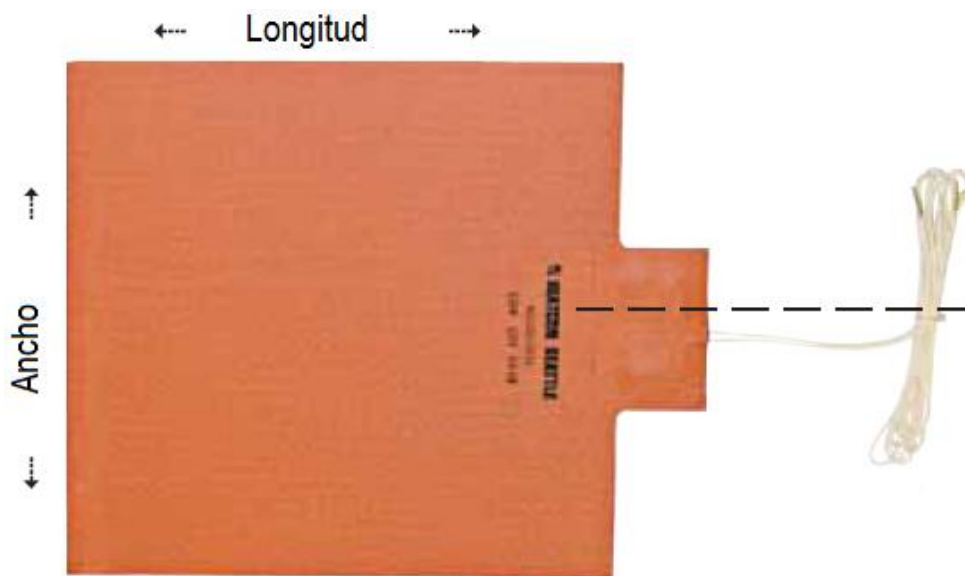


Figura 4.5b. Heat Blanket

4.6. CIRCUITOS DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL

Los sistemas de adquisición de datos (DAQ) basados en PC son usados en un amplio rango de aplicaciones en los laboratorios, en el campo y en el piso de una planta de manufactura. Típicamente, los dispositivos DAQ son instrumentos de propósito general diseñados para medir señales de voltaje. El problema es que la mayoría de los sensores y transductores generan señales que se deben acondicionar antes de que un dispositivo DAQ pueda adquirir con precisión la señal. Este procesamiento, conocido como acondicionamiento de señal, incluye funciones como amplificación, filtrado, aislamiento eléctrico y multiplexado. Además, existen otros sensores que requieren de excitación de voltaje o corriente, completar una configuración de puente, linealización o amplificación para que puedan operar de manera correcta. Es así que la mayoría de los sistemas DAQ basados en PC incluyen algún tipo de acondicionamiento de señal además del dispositivo DAQ y la PC.

Para la aplicación de este proyecto la temperatura generada por el *Heat Blanket* es sensada a través de una termocupla tipo J, ésta es económica, resistente y puede operar en un amplio rango de temperaturas, pero a su vez requiere de un acondicionamiento de señal especial.

Una termocupla opera bajo el principio de una unión de metales no similares que generan un voltaje que varía con la temperatura. Medir este voltaje resulta difícil, ya que al conectar el cable de la termocupla al cable que lo conecta al dispositivo de medición se crea una unión termoeléctrica adicional conocida como unión fría. Esta unión fría crea además su propia diferencia de voltaje, afectando la medición que se realiza.

Adicionalmente es necesario mencionar que la señal de salida generada por la termocupla es muy débil y no lineal. Debido a este problema, en nuestro trabajo se necesitó eliminar estos problemas que se presentan en el momento de sensar la temperatura; para lo cual se utilizó el circuito integrado AD594AQ, el cual es un amplificador de instrumentación completo y compensador de junta fría de termocuplas en un chip monolítico. Este combina un punto de referencia de hielo con un amplificador precalibrado para producir un alto nivel de salida directamente desde una señal de termocupla ($10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$). Como el voltaje de salida de la termocupla es bajo y no lineal con respecto a la temperatura, el AD594AQ

permite amplificar y linealizar su salida utilizando la Ecuación 4.1 citada en el capítulo anterior:

$$AD594 \text{ output} = 193.4 (\text{Type J Voltage} + 16 \mu\text{V}) \quad \text{Ec. (4.1)}$$

Por ejemplo para una temperatura sensada de 25 [°C], la salida de la termocupla nos entrega 1.277 [mV], y al utilizar el circuito integrado mediante su ecuación obtenemos:

$$AD594 \text{ output} = 193.4 (1.277E-3 + 16 E-6)$$

$$AD594 \text{ output} = 0.250 \text{ [V]}.$$

Debido a la fácil implementación y bajo costo que resulta acondicionar dicha señal de temperatura, en la Figura 4.6 se muestra la tarjeta electrónica implementada en este trabajo con el AD594AQ.

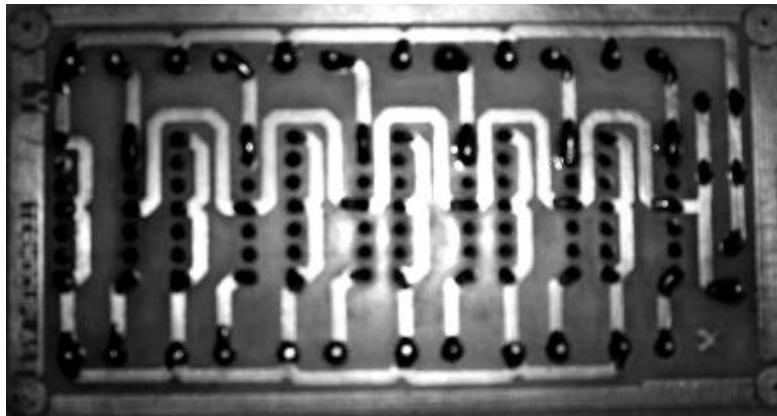


Figura 4.6. Diseño de la tarjeta electrónica del acondicionador de señal de termocuplas.

Para el acondicionamiento de la señal entregada por el sensor de presión de vacío, el cual entrega una corriente estándar de 4 a 20 [mA], se utilizó un circuito el mismo que consiste en conectar una resistencia de 220 ohmios en serie con la salida de corriente de dicho sensor. Debido a que la tarjeta de adquisición de datos solo recibe señales de voltaje 0 a 5 [Vdc], ésta tuvo que ser obtenida de la resistencia conectada en serie con la fuente de alimentación y el transductor; en la Figura 4.7 se indica el circuito implementado y los respectivos terminales de conexión.

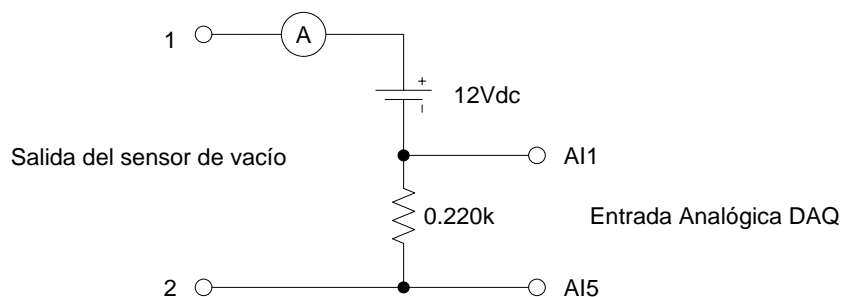


Figura 4.7. Circuito de acondicionamiento del sensor de presión de vacío.

Una vez acondicionadas las señales analógicas de voltaje, temperatura y presión se implementó un circuito seguidor de impedancias utilizando amplificadores operacionales para no tener una pérdida de las señales por efecto de la impedancia existente en la tarjeta de adquisición de datos.

Circuito acoplador de impedancias.

El nombre de amplificadores operacionales proviene de sus aplicaciones iniciales en los ordenadores analógicos, en los que se emplearon para ejecutar diversas operaciones matemáticas, tales como sumar, multiplicar, restar e integrar. Los amplificadores operacionales también se utilizan en aplicaciones de tipo general como la medida precisa de tensiones, corrientes y resistencias, que son las variables que miden los detectores utilizados en los instrumentos. También son muy utilizados como fuentes de corriente constante y de tensión constante.

LM358N	
Fuente de voltaje	32 [Vdc]
Rango de voltaje de entrada diferencial	+/- 32[Vdc]
Entrada de corriente	50[mA]
Rango de temperatura de almacenamiento	-55 a 125
Rango de temperatura ambiente de operación	0 a 70 [°C]

Tabla 4.14. Características técnicas del CI LM358N

Esta sencilla configuración fue realizada utilizando el circuito integrado LM358N, el mismo que en su interior esta formado por dos circuitos operacionales de baja potencia cuya disposición al conectarlos en una tarjeta electrónica ofrece una tensión de salida igual

a la tensión de entrada, no produciéndose ganancia alguna. La Ecuación 4.2 es la que se obtiene del circuito seguidor de impedancias. En la Tabla 4.14 se indican las características del circuito integrado LM358N:

El circuito y su tarjeta electrónica implementada se muestra en la Figura 4.8a y 4.8b, se emplea fundamentalmente como adaptador de impedancias, ya que no consume corriente en su entrada (impedancia de entrada infinita) ofreciendo señal en su salida (impedancia de salida nula).

Su nombre está dado por el hecho de que la señal de salida es igual a la de entrada, es decir, sigue a la de entrada.

$$\text{Ganancia de Potencia} = \frac{P_0}{P_1} = \frac{i_0 v_0}{i_i v_i} = \frac{v_0^2 / Z_0}{v_i^2 / Z_i} = \frac{Z_i}{Z_0} \quad \text{Ec. (4.2)}$$

Donde:

v_0 y v_i = entrada y salida de voltaje respectivamente.

Z_i y Z_0 = impedancias de entrada y salida respectivamente.

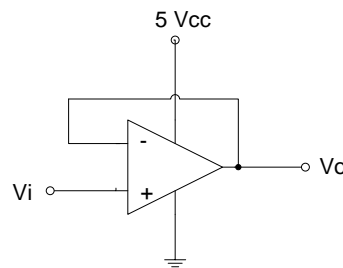


Figura4.8a. Circuito acoplador de impedancias.

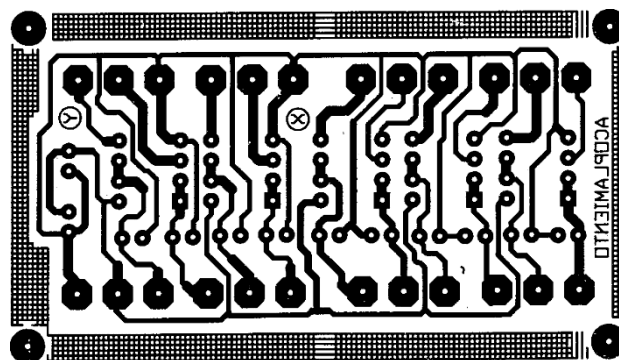


Figura4.8b. Diseño de la tarjeta electrónica acoplador de impedancias.

4.7. GENERADOR DE VACÍO

El módulo seleccionado es el AV191H fabricado por AIR-VAC, tiene un diseño simple de una fase que genera eficientemente el vacío necesario para la reparación de materiales compuestos. Tiene un diseño industrial rugoso que no tiene partes móviles o sellos. Este generador de vacío es compacto y liviano, entonces este puede ser montado cerca del punto a usarse. Adicionalmente son baratos, porque no tienen partes móviles, no requieren de mantenimiento, no necesitan de una fuente eléctrica de poder. Los generadores de vacío son controlados simplemente iniciando o terminando el flujo de aire que ingresa a su boquilla.

Para mayor información técnica refiérase al Anexo G. Dicho generador se muestra en la Figura 4.9 y tiene las características que se indican en la Tabla 4.15.



Figura 4.9. Generador de vacío y silenciador.

Nivel de vacío [in Hg]	28.2
Flujo de vacío [scfm]	4.3
Consumo de aire [scfm]	8.1
Peso [oz]	6
Nivel de sonido [dB]	82

Tabla 4.15. Características técnicas del generador de vacío

4.8. PRUEBAS DE OPERACIÓN

Para llevar a cabo las pruebas de operación se utilizó un Heat Blanket de 720 [Watts] como carga. Las rampas de calentamiento, curado y enfriamiento se las configuraron como sigue:

$t_0 = 0$ [seg]

$T_0 = 20$ [°C]

$t_1 = 360$ [seg]

$T_1 = 70$ [°C]

$t_2 = 2160$ [seg]

$T_2 = 70$ [°C]

$t_3 = 3060$ [seg]

$T_3 = 20$ [°C]

Luego se procede a realizar las conexiones eléctricas y neumáticas de la máquina hacia el computador: Las señales analógicas salen de la máquina desde un conector DB25, estas señales se conectan a la DAQ USB6008 mediante conductores de par trenzado 18AWG; la DAQ envía estas señales procesadas hacia el computador conectada al puerto USB 2.0. El suministro de energía eléctrica se lo realiza mediante cable flexible 12AWG y el Heat Blanket se conecta con un cable 3x1 12 AWG. Para la conexión neumática se utiliza mangueras flexibles para aire con acoples rápidos. A continuación en la Figura 4.10 se observa dichas conexiones.

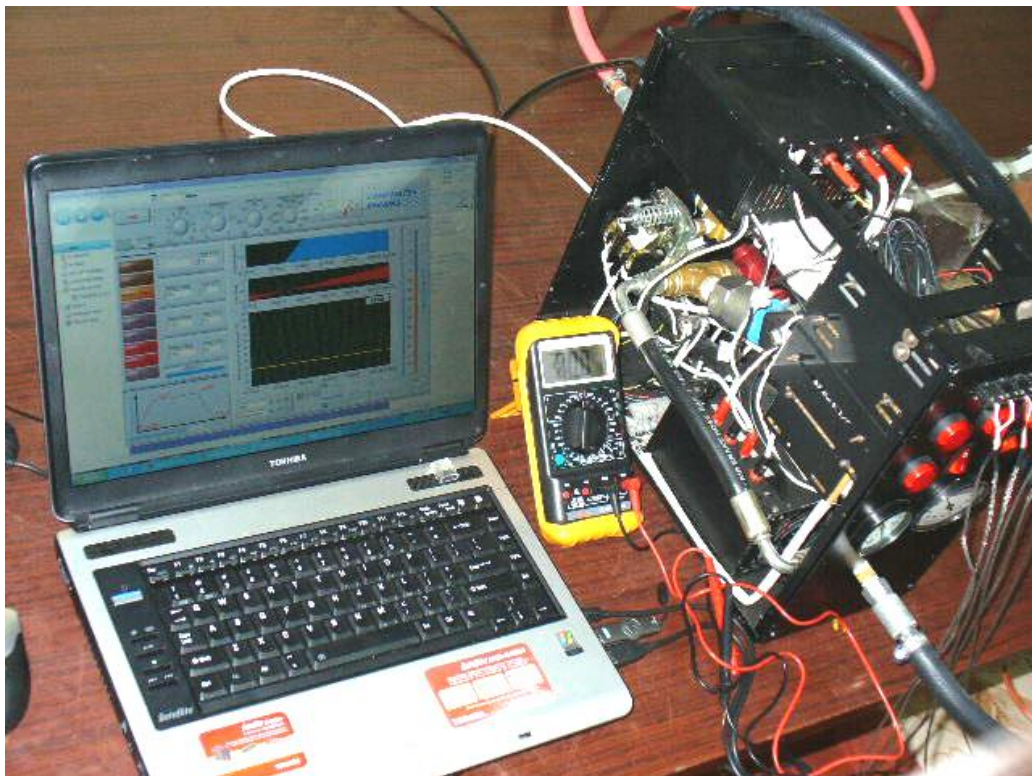


Figura 4.10. Conexiones eléctricas para pruebas de operación.

Los componentes que forman el material compuesto se observan en la Figura 4.11.

1. Honeycomb.
2. Tela de fibra de vidrio.
3. Parting Film.
4. Material absorbente.
5. Mezcla de catalizador – resina (no se muestra en la Figura 4.11).

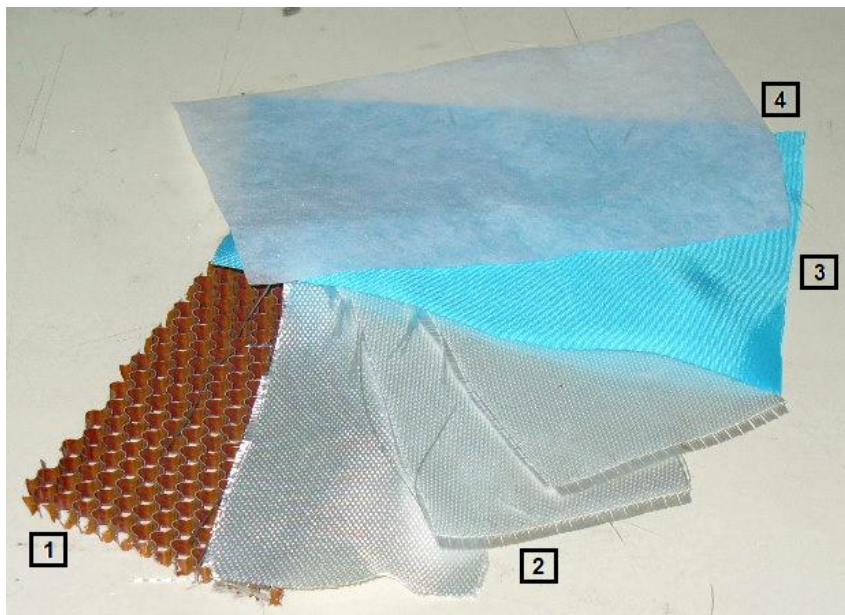


Figura 4.11. Componentes de un material compuesto.

En la Figura 4.12 se observa la mezcla de la resina (color rojo), junto con el catalizador (transparente) en un recipiente vacío.



Figura 4.12. Mezcla resina – catalizador.

Realizada la mezcla del catalizador con la resina, se obtiene un cambio de color en la mezcla a un color amarillo verdoso lo cual indica la reacción química producida por estos elementos, en la Figura 4.13 se indica dicho cambio de coloración.

En la Figura 4.14 se muestra la ubicación de las termocuplas junto con el material compuesto en el interior de la bolsa de vacío antes de iniciar el proceso de reparación.



Figura 4.13. Cambio de coloración producto de la reacción química de resina - catalizador.



Figura 4.14. Ubicación de las termocuplas antes del proceso de reparación.

En la Figura 4.15 se indica el funcionamiento del equipo de reparación de materiales compuestos.

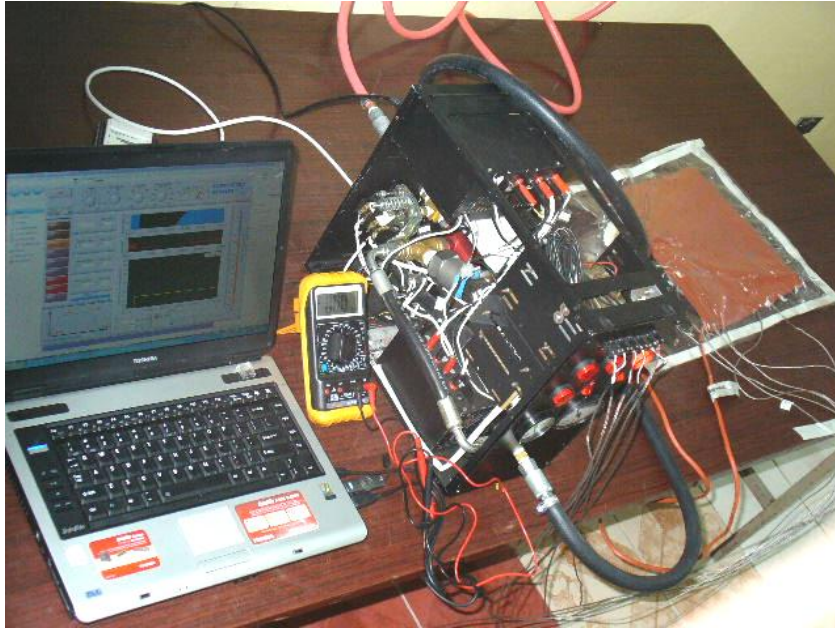


Figura 4.15. Funcionamiento del equipo de reparación de materiales compuestos.

En la Figura 4.16a, 4.16b, 4.16c; se indican las rampas de calentamiento, curado y enfriamiento obtenidas, las cuales son el resultado del proceso de reparación del material compuesto.

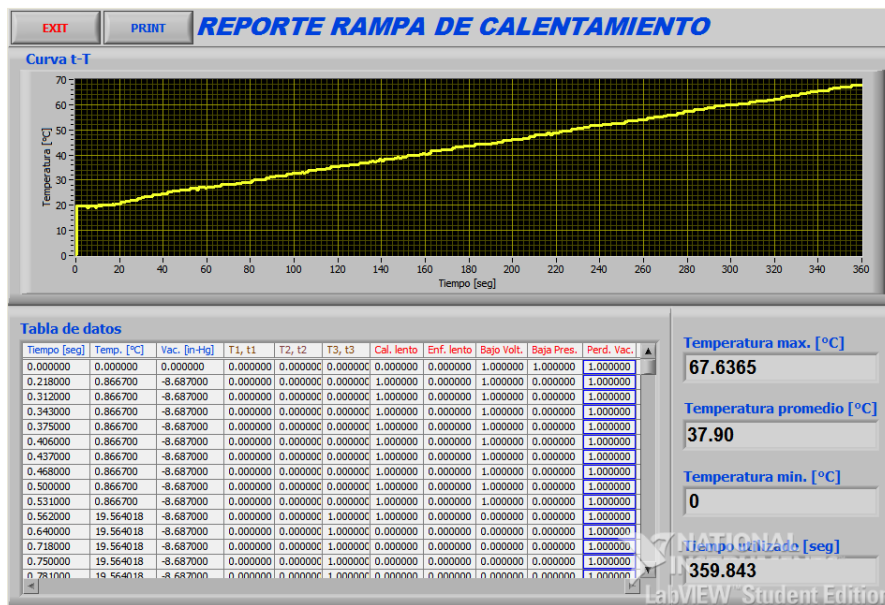


Figura 4.16a. Rampa de Calentamiento.

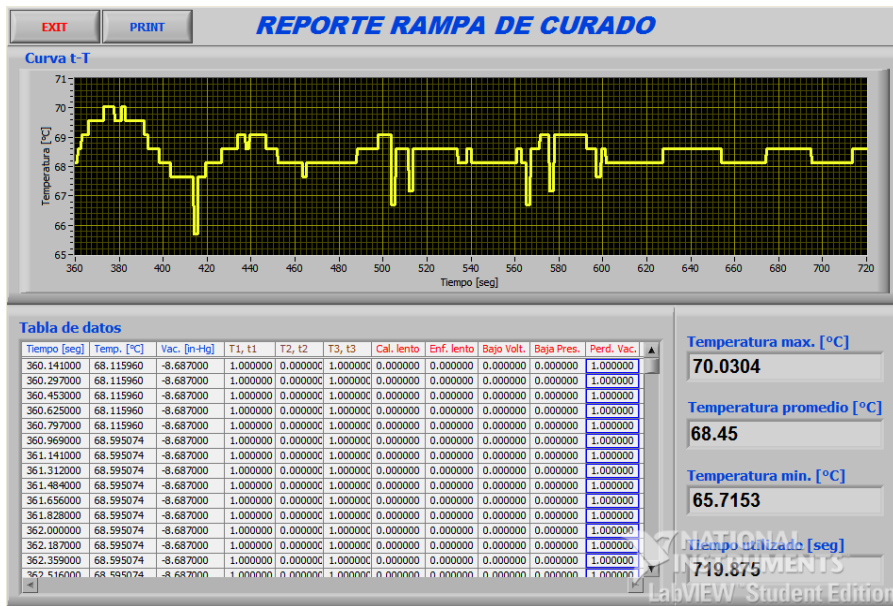


Figura 4.16b. Rampa de Curado.

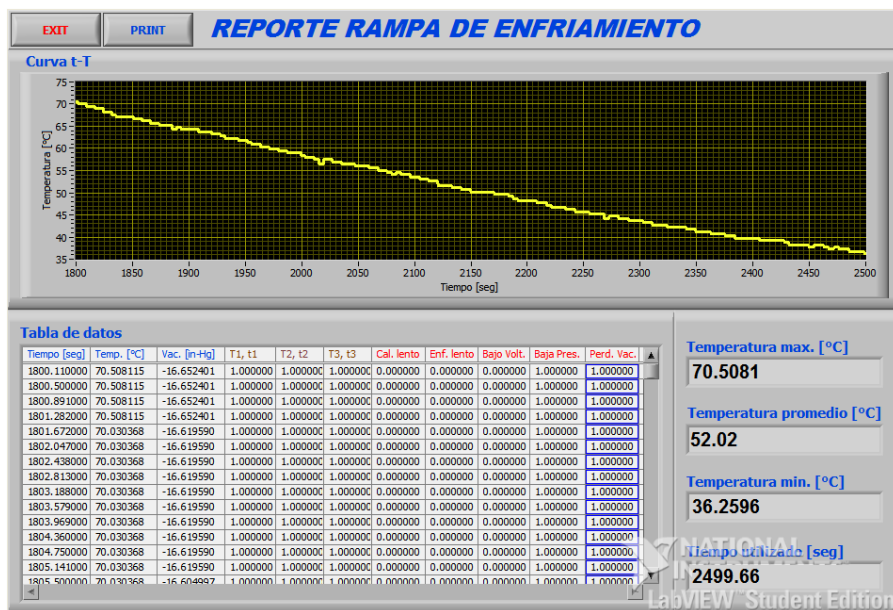


Figura 4.16c. Rampa de Enfriamiento.

Al observar la Figura 4.16a, se nota claramente el incremento paulatino de temperatura controlado por software, cuyos valores inicial y final de esta rampa son cumplidos durante el tiempo que configura el operador.

En la Figura 4.16b, se observa que existe una oscilación y cuyo valor está alrededor de ± 2 [°C]; este valor se encuentra dentro del margen de error que permite el manual de Boeing

727 el cual exige una variación de $\pm 3[^\circ\text{C}]$ a $\pm 5.6[^\circ\text{C}]$, sin que esto afecte al producto final obtenido.

En la Figura 4.16c, se observa la etapa de enfriamiento, la misma que es lenta y termina en el tiempo que está previamente establecido e indicado en el panel de control antes de iniciar el proceso de reparación.

Adicionalmente en cada uno de los reportes que brinda el software COMPOSITES REPAIRS se muestran los datos obtenidos durante el proceso de reparación y que son guardados en una hoja electrónica de Excel. Es necesario indicar que dichas bases de datos se archivan en el directorio C:\AAA COMPOSITES REPAIRS\... con los nombres WRITE GENERAL.xls, WRITE HEATING.xls, WRITE CURING.xls y WRITE COOLING.xls.

A continuación en la Figura 4.16d se muestra una base de datos de un reporte junto con la descripción de cada columna.

The image shows a screenshot of an Excel spreadsheet titled 'Tabla de datos' (Data Table). The spreadsheet contains 12 columns and 17 rows of data. Above each column is a yellow callout box with a downward-pointing arrow containing a label in Spanish. The labels are: 'Tiempo en reparación', 'Temperatura en reparación', 'Vacío en reparación', 'Fin rampa de calentamiento', 'Fin rampa de curado', 'Fin rampa de enfriamiento', 'Alarma calentamiento lento', 'Alarma enfriamiento lento', 'Alarma bajo voltaje', 'Alarma baja presión', and 'Alarma pérdida de vacío'. The spreadsheet data is as follows:

Tiempo [seg]	Temp. [$^\circ\text{C}$]	Vac. [in-Hg]	T1, t1	T2, t2	T3, t3	Cal. lento	Enf. lento	Bajo Volt.	Baja Pres.	Perd. Vac.
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	1.00000	1.00000
1.28200	0.86670	-8.68700	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	1.00000
1.37500	0.86670	-8.68700	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	1.00000
1.40700	0.86670	-8.68700	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	1.00000
1.45400	0.86670	-8.68700	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	1.00000
1.48500	0.86670	-8.68700	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	1.00000
1.53200	0.86670	-8.68700	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	1.00000
1.56300	0.86670	-8.68700	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	1.00000
1.61000	0.86670	-8.68700	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	1.00000
1.64100	0.86670	-8.68700	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	1.00000
1.67200	16.491537	-8.68700	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000	1.00000	1.00000
1.75000	16.491537	-8.68700	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	1.00000
1.81300	16.491537	-8.68700	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	1.00000
1.86000	16.491537	-8.68700	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	1.00000
1.89100	16.491537	-8.68700	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	1.00000

Figura 4.16d. Tabla de datos obtenidos en el proceso de reparación.

- **Tiempo [seg].** Tiempo real de la reparación en segundos.
- **Temp. [°C].** Temperatura en la reparación en grados Celsius.
- **Vac. [in-Hg].** Vacío en la reparación en pulgadas de mercurio.
- **T1, t1.** Indica que la rampa de calentamiento ha terminado. El nivel lógico 0 indica luz apagada y el nivel lógico 1 indica luz encendida.
- **T2, t2.** Indica que la rampa de curado ha terminado. El nivel lógico 0 indica luz apagada y el nivel lógico 1 indica luz encendida.
- **T3, t3** Indica que la rampa de enfriamiento ha terminado. El nivel lógico 0 indica luz apagada y el nivel lógico 1 indica luz encendida.
- **Cal. Lento.** Alarma de calentamiento lento debida a la energía calorífica insuficiente en el proceso. El nivel lógico 0 indica luz apagada y el nivel lógico 1 indica luz encendida.
- **Enf. Lento.** Alarma de enfriamiento lento debida a que el medio ambiente circundante no es capaz de enfriar la reparación de acuerdo a lo configurado en la rampa de enfriamiento. El nivel lógico 0 indica luz apagada y el nivel lógico 1 indica luz encendida.
- **Bajo Volt.** Alarma de bajo voltaje que se activa cuando el suministro de energía entrega voltaje menor a los 95 [Vac]. El nivel lógico 0 indica luz apagada y el nivel lógico 1 indica luz encendida.
- **Baja Pres.** Esta alarma se activa cuando el suministro de aire comprimido es menor a los 30 [psi]. El nivel lógico 0 indica luz apagada y el nivel lógico 1 indica luz encendida.
- **Perd. Vac.** Esta alarma se activa cuando el vacío es menor a 22 [in-Hg abs] producto de la presencia de fugas o falta de suministro de aire comprimido. El nivel lógico 0 indica luz apagada y el nivel lógico 1 indica luz encendida.

Finalmente en la Figura 4.17 se indica el material compuesto obtenido durante la prueba del equipo, el mismo que tiene una contextura liviana y rígida a la vez; lo cual garantiza una reparación óptima y de buena calidad debido a que se la consiguió utilizando los materiales y el procedimiento exigidos por el manual de Boeing 727.

Como resultado de la prueba de operación se ha obtenido un error en el control de temperatura del 2.256% y en el vacío del 2.52%, el cual se encuentra dentro de los parámetros requeridos para realizar la reparación de compuestos.

$$Error_{TEMP}(\%) = \frac{70.030 - 68.45}{70.030} \cdot 100\%$$

$$Error_{TEMP}(\%) = 2.256$$

$$Error_{VACÍO}(\%) = \frac{27.7 - 27}{27.7} \cdot 100\%$$

$$Error_{VACÍO}(\%) = 2.52$$



Figura 4.17. Material compuesto obtenido durante el proceso de curado.

PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE ALARMAS

El software COMPOSITES REPAIRS está provisto de alarmas, las mismas que se encuentran ubicadas en el panel de control; dichas alarmas actúan cuando durante el proceso de reparación se presenta anomalías de tipo eléctrico y neumático. Es necesario

indicar que dichas alarmas fueron provocadas para comprobar su funcionamiento durante una reparación.

En la Figura 4.18 se muestra el encendido de la luz **t1, T1**; la cual indica que la temperatura 1 a el tiempo 1 se ha cumplido.

En la Figura 4.19 se muestra el encendido de la luz **t2, T2**; la cual indica que la temperatura 2 ó el tiempo 2 se ha cumplido.

En la Figura 4.20 muestra el encendido de la luz **t3, T3**; la cual indica que la temperatura 3 ó el tiempo 3 se ha cumplido y por lo tanto el proceso de reparación ha concluido. Esta luz indicadora se encuentra encendida porque la temperatura en el proceso está sobre el valor de la temperatura de enfriamiento.

En la Figura 4.21 muestra la luz indicadora de potencia insuficiente, la cual se activa cuando existe una entrega de energía calorífica insuficiente hacia el proceso.

En la Figura 4.22 muestra la luz indicadora de enfriar, la cual se activa cuando el medio ambiente circundante es incapaz de enfriar la reparación de acuerdo a la rampa de enfriamiento configurada por el operador.

En la Figura 4.23 muestra la alarma de bajo voltaje, la cual se activa cuando el suministro de energía es menor a los 95 [Vac].

En la Figura 4.24 muestra la alarma de baja presión, la cual se activa cuando el suministro de aire comprimido es menor a los 30 [psi].

En la Figura 4.25 muestra la alarma de pérdida de vacío, la cual se activa cuando existen fugas en la bolsa de vacío ó la presión en el suministro de aire comprimido no es el adecuado.

En la Figura 4.26 muestra la alarma por falta de conexión de termocupla hacia la tarjeta de adquisición de datos.

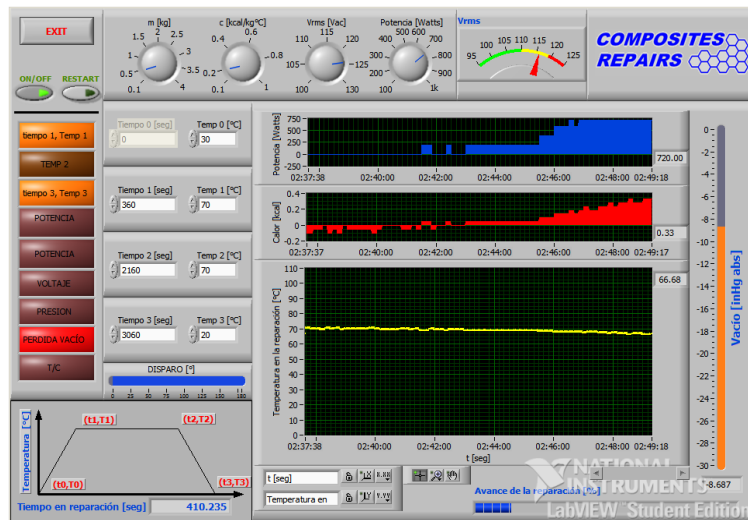


Figura 4.18. Funcionamiento de luz indicadora del tiempo de calentamiento.

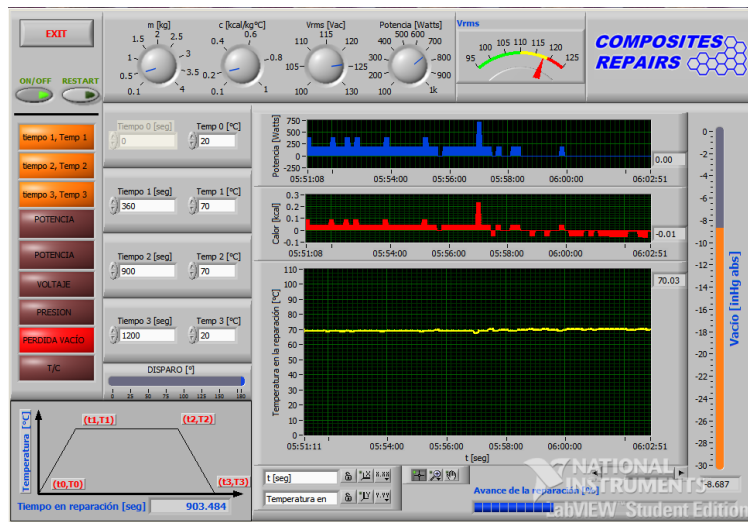


Figura 4.19. Funcionamiento de luz indicadora del tiempo de curado.

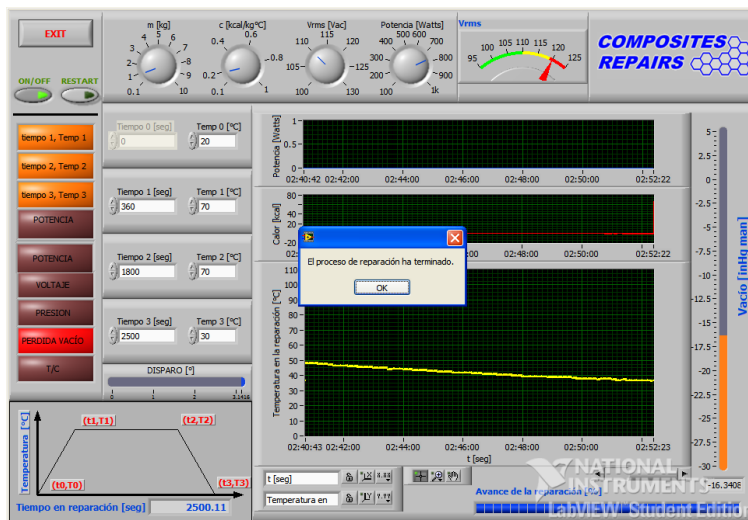


Figura 4.20. Funcionamiento de luz indicadora tiempo de enfriamiento.

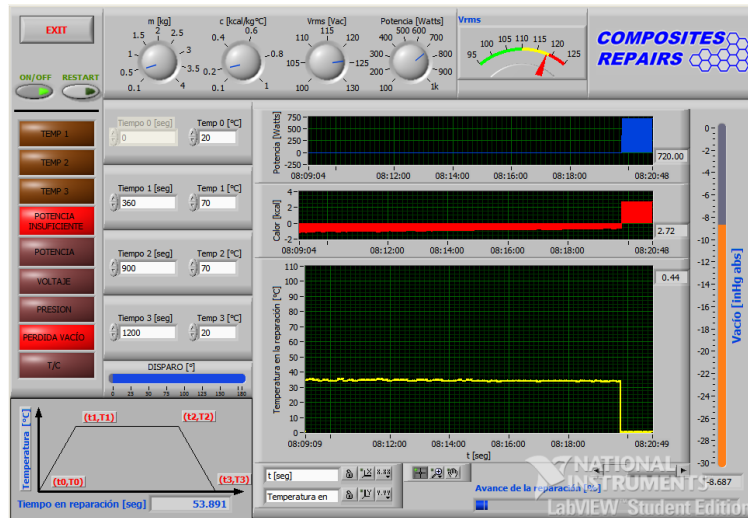


Figura 4.21. Funcionamiento de Luz indicadora de potencia insuficiente entregada.

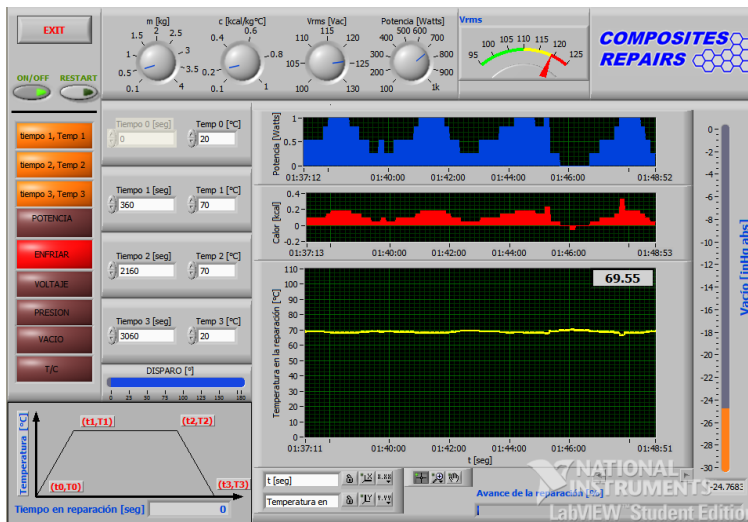


Figura 4.22. Funcionamiento de Luz indicadora de enfriar el proceso.

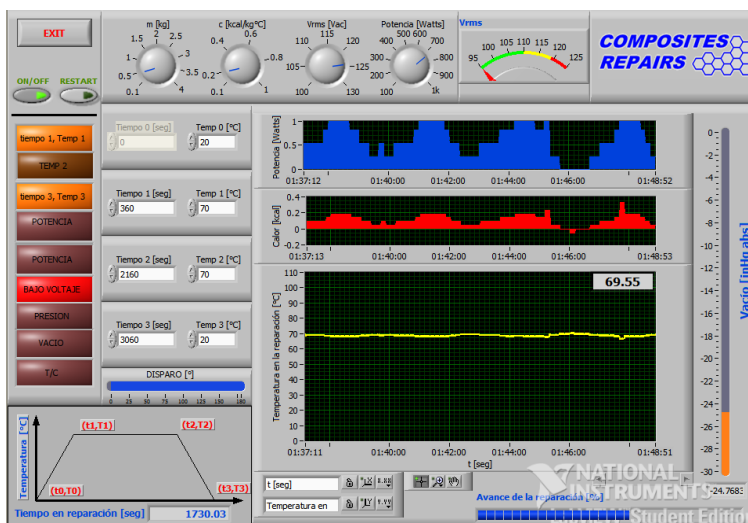


Figura 4.23. Funcionamiento de Alarma de bajo voltaje.

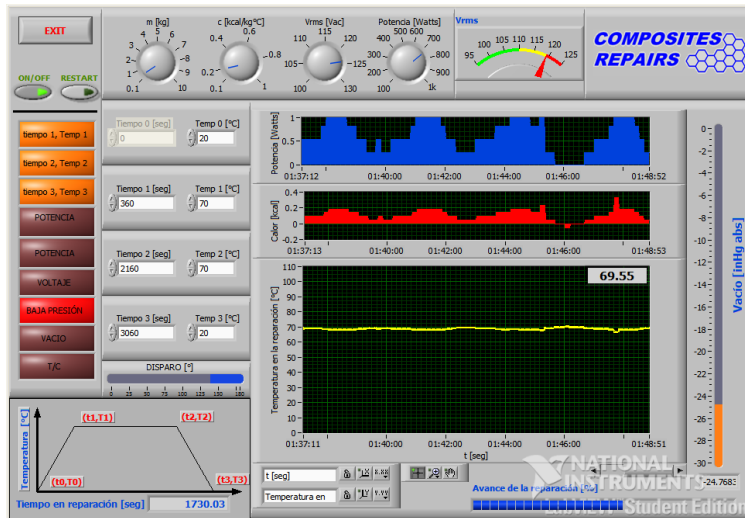


Figura 4.24. Funcionamiento de Alarma de baja presión.

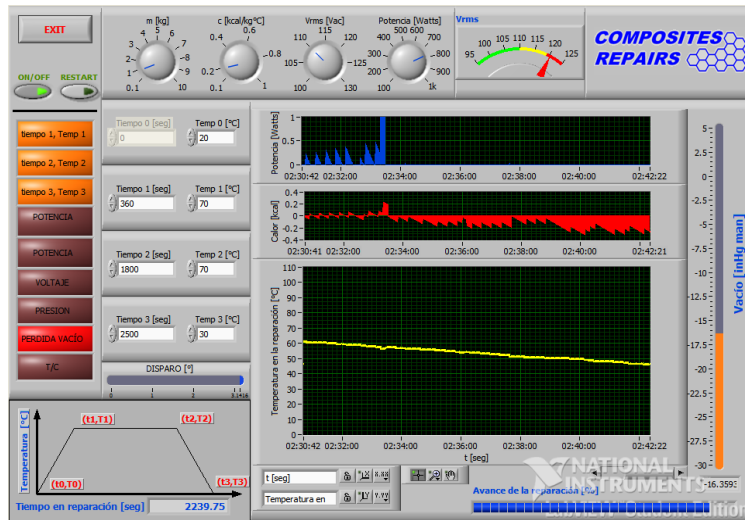


Figura 4.25. Funcionamiento de Alarma de pérdida de vacío.

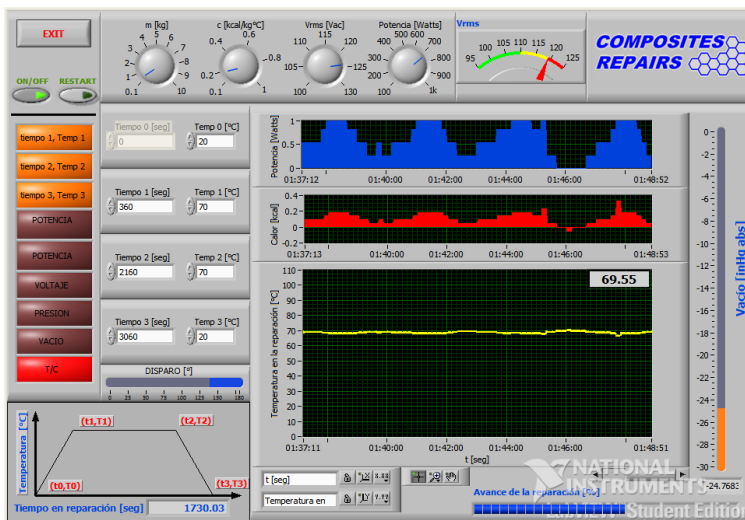


Figura 4.26. Funcionamiento de Alarma de termocuplas.

Es necesario indicar que durante el proceso de reparación, el computador utilizado debe ser de uso exclusivo para esta actividad y no realizar otras que afecten su normal funcionamiento, así como del proceso de reparación. Así también es necesario mencionar que debe existir un técnico presente durante todo el proceso de reparación para que supervise el funcionamiento normal del equipo y pueda tomar acciones correctivas de darse el caso.

4.9. AJUSTE Y PUESTA A PUNTO

Termocuplas

Por el hecho que el ingreso de la señal de temperatura es en [mV] y estos valores corresponden a un valor de temperatura mostrados en la Tabla 1 del Manual del Chip Amplificador Linealizador ANALOG DEVICES AD594AQ (Ver Anexo G) y no es una señal lineal perfecta, para nuestro trabajo se obtuvo en Microsoft EXCEL las ecuaciones de tendencia y se seleccionó las de menor error. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.16.

Posteriormente las funciones de segundo, tercer y quinto grado que mostraron menor error se incluyeron en el software para que los indicadores muestren las lecturas reales de temperatura, dichas funciones y los intervalos de temperatura a las que corresponden se muestran a continuación:

Para el intervalo de temperatura en grados Celsius]0,120] →

$$7E-18x^5 - 2E-13x^4 + 2E-9x^3 - 6E-6x^2 + 0.1026x - 0.1333 = 0 \quad \text{Ec. (4.3)}$$

Para el intervalo de temperatura en grados Celsius]120,180] →

$$7E-7x^2 + 0.0976x + 0.3227 = 0 \quad \text{Ec. (4.4)}$$

Para el intervalo de temperatura en grados Celsius]180,750] →

$$1E-10x^3 + 5E-7x^2 + 0.094x - 2.1531 = 0 \quad \text{Ec. (4.5)}$$

[mV]	[°C]	Fun. 2do grado	Error relativo [%]	Fun. 3er grado	Error relativo [%]	Fun. 4to grado	Error relativo [%]	Fun. 5to grado	Error relativo [%]	Fun. 6to grado	Error relativo [%]
3	0	0.62	#DIV/0!	2.44	#DIV/0!	0.86	#DIV/0!	0.17	#DIV/0!	0.28	#DIV/0!
101	10	10.17	1.73	11.65	16.52	10.56	5.63	10.17	1.70	10.22	2.21
200	20	19.81	-0.93	20.97	4.86	20.31	1.54	20.16	0.81	20.18	0.89
250	25	24.68	-1.28	25.68	2.73	25.21	0.84	25.17	0.69	25.17	0.69
300	30	29.54	-1.53	30.40	1.32	30.10	0.32	30.16	0.53	30.15	0.49
401	40	39.35	-1.63	39.92	-0.20	39.93	-0.17	40.17	0.42	40.13	0.32
503	50	49.24	-1.52	49.55	-0.90	49.81	-0.37	50.20	0.40	50.13	0.26
606	60	59.21	-1.31	59.28	-1.20	59.74	-0.43	60.26	0.43	60.16	0.26
813	80	79.21	-0.99	78.85	-1.44	79.56	-0.55	80.30	0.38	80.09	0.11
1022	100	99.34	-0.66	98.64	-1.36	99.40	-0.60	100.38	0.38	99.97	-0.03
1233	120	119.60	-0.33	118.63	-1.14	119.28	-0.60	120.56	0.46	119.81	-0.16
1445	140	139.89	-0.08	138.73	-0.91	139.12	-0.63	140.80	0.57	139.56	-0.31
1659	160	160.31	0.20	159.02	-0.61	159.03	-0.61	161.27	0.79	159.33	-0.42
1873	180	180.67	0.37	179.31	-0.38	178.82	-0.65	181.83	1.02	178.97	-0.57
2087	200	200.97	0.48	199.60	-0.20	198.52	-0.74	202.52	1.26	198.48	-0.76
2302	220	221.29	0.59	219.97	-0.01	218.23	-0.80	223.49	1.59	217.98	-0.92
2946	280	281.78	0.63	280.86	0.31	276.84	-1.13	287.68	2.74	275.83	-1.49
3160	300	301.75	0.58	301.03	0.34	296.18	-1.27	309.54	3.18	294.86	-1.71
3588	340	341.50	0.44	341.24	0.37	334.70	-1.56	354.15	4.16	332.60	-2.18
3801	360	361.19	0.33	361.18	0.33	353.77	-1.73	376.80	4.67	351.19	-2.45
4015	380	380.90	0.24	381.15	0.30	372.86	-1.88	399.86	5.23	369.71	-2.71
4228	400	400.46	0.12	400.97	0.24	391.78	-2.05	423.11	5.78	387.96	-3.01
4441	420	419.96	-0.01	420.71	0.17	410.62	-2.23	446.65	6.35	406.01	-3.33
4655	440	439.48	-0.12	440.47	0.11	429.45	-2.40	470.59	6.95	423.90	-3.66
4869	460	458.94	-0.23	460.15	0.03	448.17	-2.57	494.79	7.56	441.52	-4.02
5084	480	478.43	-0.33	479.83	-0.04	466.84	-2.74	519.38	8.20	458.91	-4.39
5517	520	517.48	-0.49	519.18	-0.16	503.99	-3.08	569.62	9.54	492.87	-5.22
5736	540	537.13	-0.53	538.92	-0.20	522.50	-3.24	595.38	10.26	509.42	-5.66
6179	580	576.67	-0.57	578.48	-0.26	559.25	-3.58	648.09	11.74	541.42	-6.65
6404	600	596.65	-0.56	598.37	-0.27	577.49	-3.75	675.13	12.52	556.84	-7.19
6632	620	616.82	-0.51	618.38	-0.26	595.64	-3.93	702.71	13.34	571.85	-7.77
6862	640	637.09	-0.45	638.41	-0.25	613.57	-4.13	730.67	14.17	586.32	-8.39
7095	660	657.56	-0.37	658.54	-0.22	631.30	-4.35	759.14	15.02	600.28	-9.05
7332	680	678.30	-0.25	678.82	-0.17	648.84	-4.58	788.23	15.92	613.74	-9.74
7571	700	699.13	-0.12	699.09	-0.13	665.97	-4.86	817.68	16.81	626.52	-10.50
7813	720	720.14	0.02	719.40	-0.08	682.68	-5.18	847.62	17.73	638.67	-11.30
8058	740	741.33	0.18	739.75	-0.03	698.89	-5.55	878.06	18.66	650.17	-12.14
8181	750	751.94	0.26	749.88	-0.02	706.74	-5.77	893.39	19.12	655.65	-12.58

Tabla 4.16. Funciones de tendencia y errores para corrección de temperatura.

Los errores relativos que se obtienen con las funciones de tendencia se muestran en la Tabla 4.17.

Rango temperatura [°C]	Func.	Error relativo promedio [%]
]0,120]	5to grado	0.62
]120,180]	2do grado	0.22
]180,750]	3er grado	0.19

Tabla 4.17. Errores relativos en la corrección de temperatura.

Sensor de vacío

Se generó vacío hasta 19 [in-Hg] y se comparó un manómetro de vacío con la salida de voltaje de la resistencia colocada en el sensor. El circuito electrónico utilizado se muestra en la Figura 4.27.

Los datos obtenidos se muestran en la Tabla 4.18. Con estos datos se procedió a hallar en Microsoft EXCEL la función de tendencia con menor error y a esta función se la ingresó en el software para que el indicador de vacío muestre las mediciones reales.

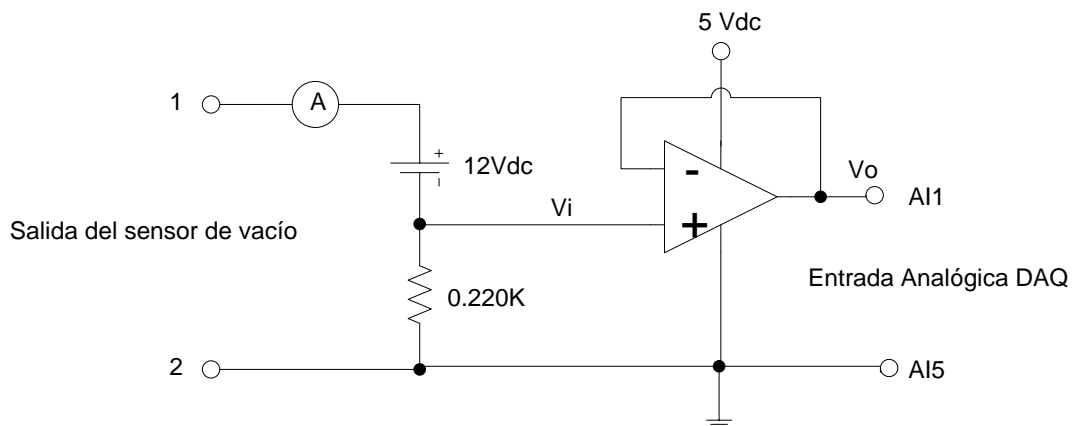


Figura 4.27. Circuito de acondicionamiento del sensor de presión de vacío.

La ecuación de tendencia es la siguiente:

$$[in - Hg] = -0.2324 \frac{[mV] - 0.0075}{0.0001} + 20.094 \quad \text{Ec. (4.6)}$$

En base a la Tabla 4.18 el error relativo promedio de las mediciones es igual a 0.139%.

in-Hg Manómetro	Med. 1	Med. 2	Med. 3	Voltaje salida promedio	in-Hg Calculado	Error relativo [%]
0	0.0147	0.0144	0.015	0.0147	3.3612	6.180
3	0.0145	0.8814	0.8642	0.0145	3.826	2.826
4	0.0144	0.8522	0.8319	0.0144	4.0584	0.353
5	0.0143	0.8056	0.8080	0.0143	4.2908	0.073
6	0.0139	0.7738	0.7885	0.0139	5.2204	0.044
7	0.0134	0.7467	0.7553	0.0134	6.3824	0.088
8	0.0131	0.7302	0.7388	0.0131	7.0796	0.115
9	0.0126	0.7065	0.7052	0.0126	8.2416	0.084
10	0.012	0.6717	0.6774	0.012	9.636	0.036
11	0.0116	0.6458	0.6458	0.0116	10.5656	0.039
12	0.0112	0.6278	0.6222	0.0112	11.4952	0.042
13	0.0107	0.6020	0.6026	0.0107	12.6572	0.026
14	0.0102	0.5745	0.5732	0.0102	13.8192	0.013
15	0.0097	0.5454	0.5409	0.0097	14.9812	0.001
16	0.0093	0.5131	0.5015	0.0093	15.9108	0.006
17	0.0087	0.4878	0.4864	0.0087	17.3052	0.018
18	0.0082	0.4553	0.4428	0.0082	18.4672	0.026
19	0.0076	0.4177	0.4100	0.0076	19.8616	0.045

Tabla 4.18. Datos de voltaje de salida obtenidos experimentalmente para el sensor de vacío.

Sensor de voltaje

Al sensor de voltaje se le aplicó voltaje alterno de una fuente variable y se obtuvo los datos de salida de voltaje continuo del sensor, los mismos que se muestran en la Tabla 4.19. El circuito electrónico del sensor de voltaje puede verse a continuación en la Figura 4.28.

La ecuación de tendencia con menor error es la siguiente:

$$-4E-3x^3 + 0.0008x^2 - 0.0085x - 0.0186 = 0 \quad \text{Ec. (4.7)}$$

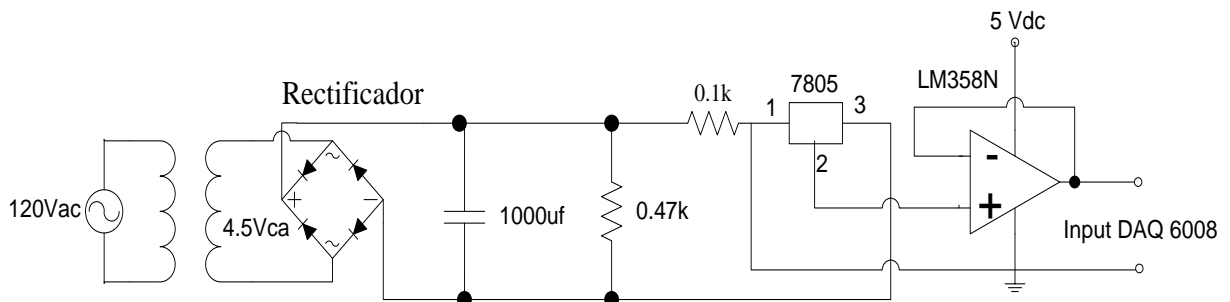


Figura 4.28. Sensor de voltaje 95-125 [Vac] – Circuito electrónico.

Voltaje [Vac rms]	Salida sensor [Vdc]	Función 3er grado	Error relativo [%]
95	2.80230	2.66440	4.92096
96	2.80230	2.69926	3.67712
97	2.83560	2.73341	3.60389
98	2.86890	2.76683	3.55774
99	2.90315	2.79950	3.57012
100	2.93740	2.83140	3.60863
101	2.95555	2.86250	3.14845
102	2.97370	2.89277	2.72159
103	2.98685	2.92219	2.16476
104	3.00000	2.95074	1.64187
105	3.04560	2.97840	2.20646
106	3.09120	3.00514	2.78416
107	3.11290	3.03093	2.63330
108	3.13460	3.05575	2.51541
109	3.14505	3.07958	2.08156
110	3.15550	3.10240	1.68278
111	3.17355	3.12418	1.55580
112	3.19160	3.14489	1.46359
113	3.20225	3.16451	1.17848
114	3.21290	3.18302	0.92988
115	3.21740	3.20040	0.52838
116	3.22190	3.21662	0.16400
117	3.22955	3.23165	0.06502
118	3.24337	3.24547	0.06475
119	3.25596	3.25806	0.06450
120	3.26730	3.26940	0.06427
121	3.27736	3.27946	0.06408
122	3.28611	3.28821	0.06391
123	3.29353	3.29563	0.06376
124	3.29960	3.30170	0.06364
125	3.30430	3.30640	0.06355

Tabla 4.19. Datos de salida obtenidos del sensor de voltaje.

En base a la Tabla 4.19 el error relativo promedio de las mediciones es igual a 1.7%.

4.9.1. AJUSTE DEL DISPARO DE TIRISTORES

El ajuste de disparo de los tiristores se realizó experimentalmente aplicando un voltaje continuo regulable desde cero hasta conseguir un ángulo de disparo de 180°. Se registró el voltaje correspondiente para posteriormente realizar el programa en Labview, el cual calculará el voltaje de salida de la DAQ.

El ángulo de disparo de los tiristores es directamente proporcional al voltaje de entrada a la tarjeta de disparo mostrada en la Figura 4.2, por lo tanto el software se encarga de calcular y enviar dicho voltaje mediante la DAQ. Para comprobar la variación del ángulo de disparo se realizaron mediciones de voltaje rms. Con las pruebas realizadas se deducen las señales alternas mostradas en la Figura 4.29 en donde puede advertirse la correspondencia lineal entre el voltaje de entrada a la tarjeta de disparo y el ángulo de disparo. Los datos obtenidos se muestran en la Tabla 4.20. Para poder comprobar si corresponden los ángulos de disparo con los voltajes medidos se aplicó la siguiente ecuación:

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} [f(t)]^2 \cdot dt} \quad \text{Ec. (4.8)}$$

Ejemplo:

A continuación se calcula el valor pico partiendo del V_{rms} medido con ángulo de disparo igual a cero radianes.

$$V_{rms}^* = 115 \quad [V_{rms}]$$

$$V_p = \sqrt{2} \cdot V_{rms} = \sqrt{2} \cdot 115$$

$$V_p = 162.63 \quad [V]$$

Con el dato del voltaje pico V_p se calcula el valor rms a cualquier ángulo de disparo utilizando la Ecuación 4.8. En este caso se calculará para 45° ($\pi/4$ [rad]).

$$\alpha = \frac{\pi}{4} \quad [rad]$$

$$f(t) = V_p \sin(\omega t)$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} [V_p \sin(\omega t)]^2 d(\omega t) + \frac{1}{2\pi} \int_{\pi+\alpha}^{2\pi} [V_p \sin(\omega t)]^2 d(\omega t)}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{4}}^{\pi} [62.63 \cdot \sin(\omega t)]^2 d(\omega t) + \frac{1}{2\pi} \int_{\frac{5\pi}{4}}^{2\pi} [62.63 \cdot \sin(\omega t)]^2 d(\omega t)}$$

$$V_{rms} = 109.652 \quad [Vac]$$

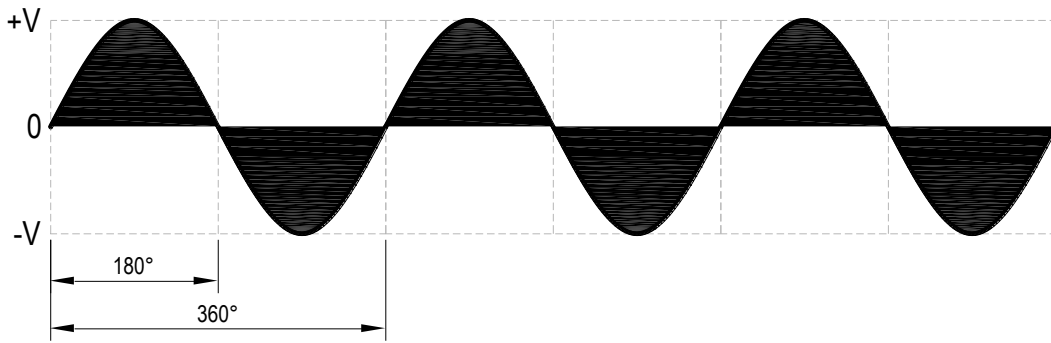


Figura 4.29a. Disparo a 0° con 0 [Vdc] de entrada a la tarjeta de disparo.

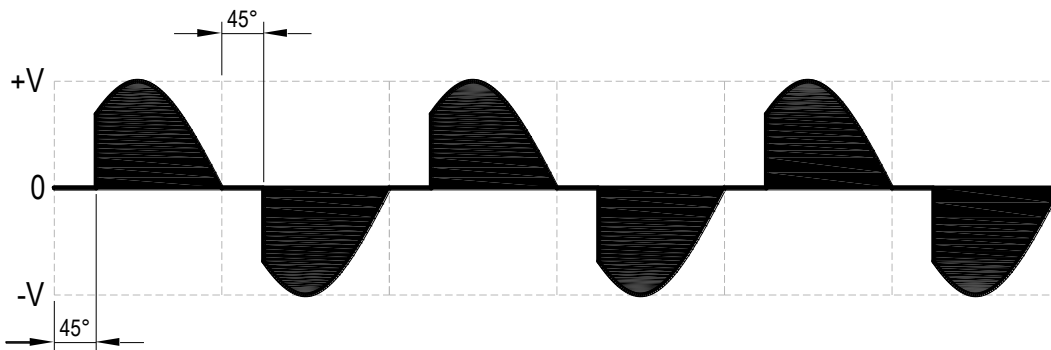


Figura 4.29b. Disparo a 45° con 0.655 [Vdc] de entrada a la tarjeta de disparo.

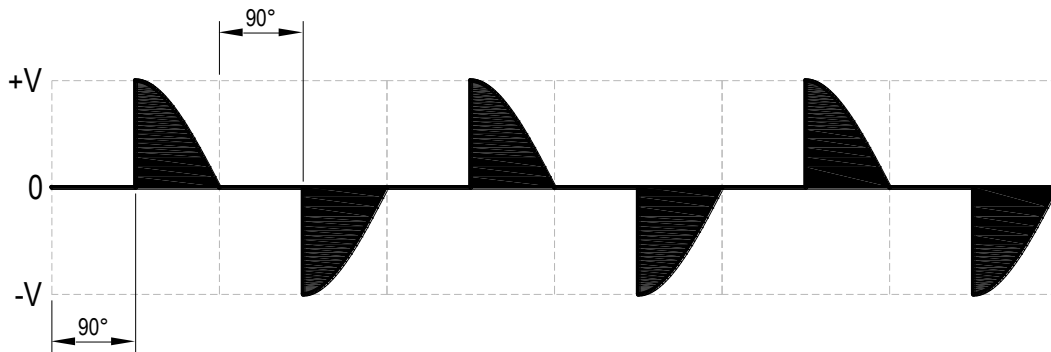


Figura 4.29c. Disparo a 90° con 1.31 [Vdc] de entrada a la tarjeta de disparo.

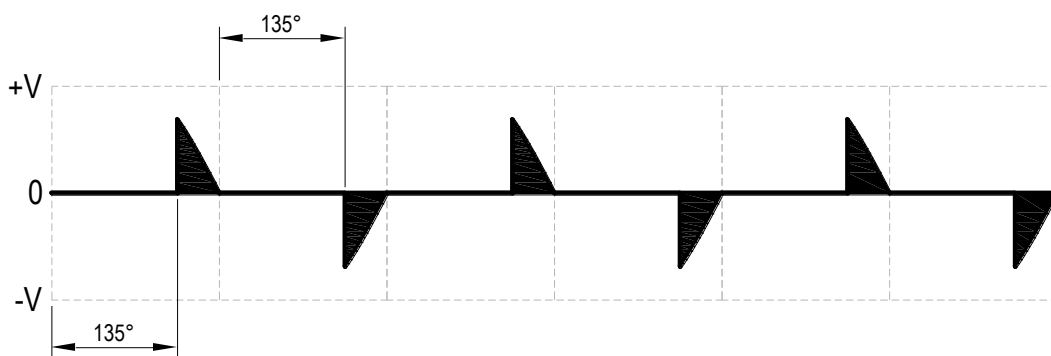


Figura 4.29d. Disparo a 135° con 1.965 [Vdc] de entrada a la tarjeta de disparo.

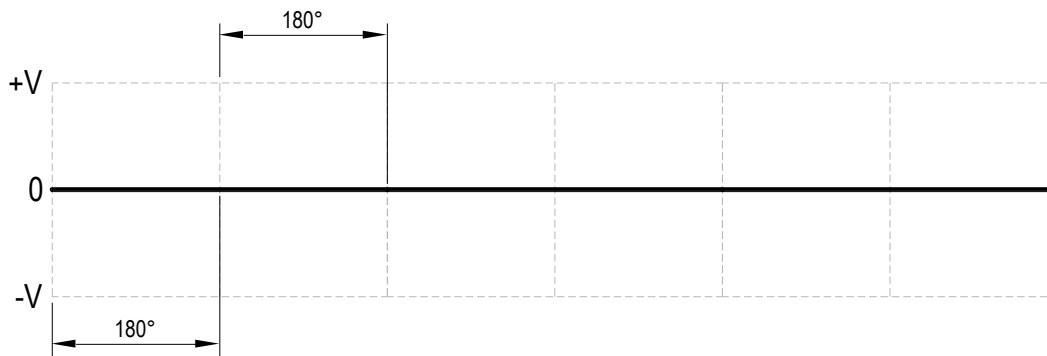


Figura 4.29e. Disparo a 180° con 2.62 [Vdc] de entrada a la tarjeta de disparo.

Entrada a tarjeta de disparo [Vcc]	Angulo de disparo teórico [°]	Salida teórica [Vac rms]	Salida medida [Vac rms]
0.000	0	115	115
0.655	45	109.652	111
1.310	90	81.317	80
1.965	135	34.662	36
2.620	180	0	0

Tabla 4.20: Datos de Voltaje Vs. Angulo de disparo.

4.9.2. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL USUARIO

El manual de operación describe la manera de operar el software de Composites Repairs a través de ventanas de dialogo, así como también describe las funciones de cada uno de los controles e indicadores del panel de control. El manual de mantenimiento del equipo para reparación de materiales compuestos describe las tareas que se deben realizar periódicamente para mantenerlo en óptimas condiciones para su utilización. Estos manuales pueden verse en el Anexo “H”.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Al terminar con la implementación de la maquina de reparación de materiales compuestos se la logrado cumplir con los objetivos planteados al inicio de este proyecto
- El proyecto realizado si cumple con los requerimientos establecidos en el BOEING 727 STRUCTURAL REPAIR MANUAL 51-40-20.
- Este equipo para reparación de materiales compuestos tiene un error promedio de 2.25% en la medición de temperatura y 2.52% en la medición de vacío, cuyos resultados se encuentran dentro de los parámetros exigidos por los manuales de Boeing 727.
- Se ha finalizado la implementación del hardware y software de un equipo que se utilizará para realizar la reparación de materiales compuestos en aeronaves comerciales y militares.
- Con este equipo de reparación portátil se ahorrará horas/hombre de trabajo, porque no existirá la necesidad de desmontar las piezas o componentes de aeronaves que no deben estar mucho tiempo en tierra.
- Con la implementación de este proyecto se pudo realizar una aplicación real de instrumentación virtual.
- Se logró optimizar los recursos al acondicionar adecuadamente las señales físicas que se necesitaron para lograr una adecuada adquisición de datos.

- El control que realiza el software en la entrega de energía al Heat blanket evita que se produzca la presencia de fuego en el procedimiento de reparación.
- El realizar reparaciones mediante la técnica de la bolsa de vacío en materiales compuestos ayuda a que se produzca un pegado de calidad de las resinas.
- La bolsa de vacío debe estar completamente sellada a fin de evitar que se produzcan fugas durante el proceso de reparación, para lo cual se debe utilizar los adhesivos correspondientes para dicho sellado.

5.1. RECOMENDACIONES

- Se recomienda reparar materiales compuestos de cualquier aeronave con el equipo implementado en este proyecto ya que cumple o excede con los requerimientos de los manuales de mantenimiento y entrenamiento.
- Se recomienda utilizar el equipo implementado en este proyecto para reparar componentes de aeronaves, sin necesidad de desmontarlos.
- Para la operación del equipo de reparación de compuestos se recomienda seguir cada uno de los pasos que se indican en el manual de operación.
- El personal que utilice este equipo debe tener capacitación en reparaciones de materiales compuestos y en el uso del equipo implementado en este proyecto.
- El equipo implementado en este proyecto es superior en precisión y control respecto al equipo de reparación de materiales compuestos marca BRISKHEAT, modelo 49601-001, el cual es alquilado al Centro de Investigación y Desarrollo de la FAE, ya que el segundo tiene controladores de temperatura que simplemente abren relés al llegar al setpoint además de no poder controlar las rampas de calentamiento y enfriamiento. El hecho de abrir y cerrar relés en el setpoint, no tener control de fase y no poder controlar las rampas de calentamiento y enfriamiento implica ser equipos obsoletos para el cumplimiento de los

requerimientos de las reparaciones modernas. De la precisión en el control de curado depende la calidad de la reparación.

- Se recomienda que cuando se utilice termocuplas de diferente tipo, también se cambie el chip linealizador correspondiente al nuevo tipo de termocupla.
- Instalar el software en computadores de características actuales.
- No sobrepasar los límites de corriente y voltaje que soporta la tarjeta de adquisición de datos.
- El acondicionamiento de la temperatura debe realizarse con el circuito integrado AD594 para las termocuplas utilizadas en este trabajo, pues nos permite linealizar, compensar las uniones frías y amplificar la señal de salida de las termocuplas.
- Se recomienda cumplir con todas las normas de seguridad en el manejo de materiales inflamables ya que la resina es un producto muy inflamable y de reacción química rápida.
- Se recomienda cumplir con todas las precauciones y advertencias que se indican en los manuales de mantenimiento de las aeronaves y en las instrucciones de uso de los productos utilizados en reparaciones de materiales compuestos.
- Se recomienda que durante el proceso de reparación, el computador utilizado debe ser de uso exclusivo para ésta actividad y no realizar otras actividades que afecten el normal funcionamiento del computador así como del proceso de reparación.
- Se recomienda que durante el proceso de reparación, el computador utilizado debe ser de uso exclusivo para ésta actividad y no realizar otras que afecten el normal funcionamiento del computador así como del proceso de reparación. Así también es necesario mencionar que debe existir un técnico presente durante todo el proceso de reparación para que supervise el funcionamiento normal del equipo y pueda tomar acciones correctivas de darse el caso.

BIBLIOGRAFÍA

DIEGO VALLEJO SOLAS, **“AMPLIFICADORES DE POTENCIA”**, 1ra Edición, PARANINFO, ESPAÑA, 1993.

INTERNATIONAL TRAINING, **“NEUMÁTICA”**, 1ra Edición, PARANINFO, ESPAÑA, 2000.

RASHID, MUHAMMAD H., **“ELECTRONICA DE POTENCIA”**, 3ra Edición, PEARSON EDUCACIÓN, MÉXICO, 2004.

MOTOROLA, **“LINEAR AND INTERFACE INTEGRATED CIRCUITS”**, 2da edición, ©MOTOROLA INC., U.S.A., 1990.

ENRIQUE CARNICER, **“AIRE COMPRIMIDO”**, 2da Edición, PARANINFO, ESPAÑA, 1994.

ENRIQUE CARNICER, **“SISTEMAS INDUSTRIALES ACCIONADOS POR AIRE COMPRIMIDO”**, 1ra Edición, PARANINFO, ESPAÑA, 1997.

ECG, **“MASTER REPLACEMENT GUIDE”**, 18va edición, PHILIPS, U.S.A., 1998.

SEARS/ZEMANSKY, **“FÍSICA GENERAL”**, 5ta Edición, AGUILAR, ESPAÑA, 1981.

KURT GIECK/REINER GIECK, **“MANUAL DE FÓRMULAS TÉCNICAS”**, 30va Edición, ALFAOMEGA, MÉXICO, 2000.

ANTONIO CREUS SOLÉ, **“INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL”**, 5ta Edición, ALFAOMEGA, MEXICO, 1996.

HERÓN MORALES MARCHENA, **“MATLAB 7, PARA CIENCIAS E INGENIERÍA CON MÉTODOS NUMÉRICOS Y VISUALIZACIÓN GRÁFICA”**, 1ra Edición, MEGABYTE, PERÚ, 2005.

NATIONAL INSTRUMENTS, **“GETTING STARTED WITH LABVIEW”**, Versión 8.0, NATIONAL INSTRUMENTS, U.S.A., 2005.

TOMÁS DE GALIANA MINGOT, **“LAROUSSE TÉCNICO”**, 2da Edición, EDICIONES LAROUSSE, MÉXICO, 1979.

CINDY FOREMAN, **“ADVANCED COMPOSITES”**, 1ra Edición, Jeppesen, U.S.A., 1990.

THE BOEING COMPANY, **“727 STRUCTURAL REPAIR MANUAL”**, Rev. November 25, 1999, BOEING COMERCIAL AEROPLANES GROUP, 1999.

ANEXOS

ANEXO A. MATERIAL SAFETY DATA SHEET (FOR COATINGS, RESINS AND RELATED MATERIALS)

ANEXO B. HEAT BLANKET

ANEXO C. BOEING 727 SRM 51-40-20, Pág. 27 – 34

ANEXO D. BOEING 727 SRM 51-40-20, Pág. 72 - 73

ANEXO E. BOEING 727 SRM 51-40-20, Pág. 68 - 74

ANEXO F. BOEING 727 SRM 51-40-20, Pág. 36, Fig. 7

ANEXO G. DATOS TECNICOS DE LOS EQUIPOS

ANEXO H. MANUALES.

FRANKLIN EFRAÍN ROMERO BUSTILLOS

DAVID RAMIRO CHASI CULQUI

ING. WASHINGTON FREIRE
COORDINADOR DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DR. EDUARDO VASQUEZ ALCAZAR
SECRETARIO ACADÉMICO

ANEXO “A”

MATERIAL SAFETY DATA SHEET (FOR COATINGS, RESINS AND RELATED MATERIALS)

MATERIAL SAFETY DATA SHEET FOR COATINGS, RESINS AND RELATED MATERIALS

Page: 1

MATERIAL SAFETY DATA SHEET
For Coatings, Resins and Related Materials

Printed : 02/22/02

Revised : 02/22/02

SECTION I - PRODUCT IDENTIFICATION

Manufacturer: SIA ADHESIVES, INC. Information Phone: (330) 374-2786
123 WEST BARTGES ST. Emergency Phone: (330) 374-2900
DEPARTMENT 1932/1904 CHEMTREC Phone: (800) 424-9300
AKRON OH 44311

Product Class: MODIFIED EPOXY FILM ! Hazard Ratings: Health - 1
Trade Name : MA 562 ! none -> extreme Fire - 1
Product Code : 4360104 ! 0 --> 4 Reactivity - 1
C.A.S. Number: NA !
Prepared By : MICHAEL T. EBERHART !
Title : ENVIRONMENTAL, HEALTH, AND SAFETY MANAGER

SECTION II - HAZARDOUS INGREDIENTS

Ingredients	CAS #	Weight %	Exposure Limits		VP mm HG
			ACGIH/TLV	OSHA/PEL	
EPOXY RESIN SYSTEM	25085-99-8	75.	N.E.	N.E.	N/AP
POLYAMIDE SYSTEM	68410-23-1	< 5.	0 N.E.	0 N.E.	N/AP
		STEL =	N.E.	N.E.	
OXYBIS (BENZEN-SULFONYL)	80-51-3	< 5.	N.E.	N.E.	0
		STEL =	N.E.	N.E.	
FORMALDEHYDE	50-00-0	< 0.1	0.3 ppm	0.75 ppm	0
		STEL =	0.3 ppm	2 ppm	

LISTED BY IARC AS PROBABLY CARCINOGENIC TO HUMANS

LISTED BY NTP AS REASONABLY ANTICIPATED TO BE CARCINOGENIC

LISTED BY OSHA AS A CARCINOGEN

*** ALL Ingredients in this product are listed in the T.S.C.A. Inventory.

N.E. = Not Established

SECTION III - PHYSICAL DATA

Boiling Range: N/AP Vapor Density: Non Volatile
Evap. Rate: Non Volatile Liquid Density: Heavier than Water.
Volatiles vol % 0.0 Wgt% 0.0 Wgt per gallon: 10.44 Pounds.
Spec. Gravity: 1.2533
Appearance: YELLOW SOLID EPOXY ODOR
V.O.C.: NONE

SECTION IV - FIRE AND EXPLOSION HAZARD DATA

Flammability Class: IIIB Flash Point: N/AP F TOC LEL: N/AP UE
-EXTINGUISHING MEDIA:
CARBON DIOXIDE, FOAM, DRY CHEMICAL.
-SPECIAL FIREFIGHTING PROCEDURES:
DO NOT ENTER CONFINED FIRE SPACE WITHOUT PROPER PROTECTIVE EQ
INCLUDING NIOSH APPROVED SELF CONTAINED BREATHING APPARATUS.
-UNUSUAL FIRE & EXPLOSION HAZARDS:
EXOTHERM MAY OCCUR WHEN LARGE MASSES ARE HEATED ABOVE 200 F

SECTION V - HEALTH HAZARD DATA

-PERMISSIBLE EXPOSURE LEVEL:
SEE SECTION II FOR PEL.
-EFFECTS OF OVEREXPOSURE:
INHALATION: FUMES GIVEN OFF DURING CURE MAY CAUSE NOSE AND
THROAT IRRITATION, HEADACHE, AND NAUSEA.
SKIN CONTACT: LITTLE SHORT TIME EFFECTS. CHRONIC EFFECTS MAY
DERMATITIS, AND ALLERGIC REACTION IN SOME SENSITIVE PEO
INGESTION: NOT LIKELY.
EYE CONTACT:MAY CAUSE IRRITATION.

MEDICAL CONDITIONS AGGRAVATED BY EXPOSURE: SKIN RASH.
-FIRST AID:
INHALATION: REMOVE TO FRESH AIR, IF NOT BREATHING GIVE ARTIFIC
RESPIRATION, PREFERABLY MOUTH TO MOUTH. IF BREATHING IS
DIFFICULT GIVE OXYGEN. CALL A PHYSICIAN.
SKIN CONTACT: WASH AFFECTED AREA WITH PLENTY OF WATER. SEE A
PHYSICIAN IF IRRITATION DEVELOPS OR PERSISTS.
EYE CONTACT: FLUSH WITH WATER FOR 15 MIN. SEE A PHYSICIAN.
INGESTION: DO NOT INDUCE VOMITING. CALL A PHYSICIAN IMMEDIATE

SECTION VI - REACTIVITY DATA

STABILITY: [] Unstable [x] Stable
HAZARDOUS POLYMERIZATION: [] May occur [x] Will not occur
-INCOMPATIBILITY:
STRONG ACIDS, BASES OR OXIDIZING AGENTS.
-CONDITIONS TO AVOID:
AVOID HEATING LARGE MASSES AS EXOTHERM MAY OCCUR.
-HAZARDOUS DECOMPOSITION PRODUCTS:
CARBON DIOXIDE, CARBON MONOXIDE, AMMONIA AND OTHER TOXIC FUME

ANEXO A	MATERIAL SAFETY DATA SHEET FOR COATINGS, RESINS AND RELATED MATERIALS	3 de 4
---------	---	--------

SECTION VII - SPILL OR LEAK PROCEDURES

- STEPS TO BE TAKEN IN CASE MATERIAL IS RELEASED OR SPILLED
PLACE IN SUITABLE CONTAINER FOR DISPOSAL
- WASTE DISPOSAL METHOD:
THIS MATERIAL, IF DISCARDED, IS NOT DEFINED AS HAZARDOUS BY 40CFR261. DISPOSAL METHOD: INCINERATE OR LANDFILL IN ACCORDANCE WITH APPLICABLE FEDERAL, STATE AND LOCAL LAWS OR REGULATIONS.

SECTION VIII - SPECIAL PROTECTION INFORMATION:

- RESPIRATORY PROTECTION:
NIOSH APPROVED FOR ORGANIC VAPORS FROM HEATED PRODUCT.
NOT NORMALLY NEEDED OTHERWISE.
- VENTILATION:
GENERAL VENTILATION REQUIRED TO REMOVE VAPORS EVOLVED WHEN PRODUCT IS HEATED TO CURE TEMPERATURES.
- PROTECTIVE GLOVES:
CLOTH
- EYE PROTECTION:
SAFETY GLASSES OR CHEMICAL GOGGLES.
- OTHER PROTECTIVE EQUIPMENT:
EYE WASH.

SECTION IX - SPECIAL PRECAUTIONS

- PRECAUTIONS TO BE TAKEN IN HANDLING AND STORING:
CONTAINS EPOXY RESIN WHICH MAY CAUSE SKIN IRRITATION
USE ONLY IN A WELL VENTILATED AREA. AVOID PROLONGED OR REPEATED SKIN CONTACT OR BREATHING OF VAPOR.
STORE AT 0 F OR BELOW.
- OTHER PRECAUTIONS:
DISCLAIMER OF LIABILITY: THE INFORMATION CONTAINED HEREIN IS BASED ON DATA TAKEN FROM SOURCES BELIEVED TO BE BOTH CURRENT AND RELIABLE AT TIME OF PUBLICATION. SIA ADHESIVES, INC., HOWEVER, MAKES NO WARRANTIES, EXPRESSED OR IMPLIED, AS TO ITS ACCURACY AND ASSUMES NO LIABILITY ARISING FROM ITS USE BY OTHERS. COMPLIANCE WITH ALL APPLICABLE FEDERAL, STATE AND LOCAL LAWS AND REGULATIONS REMAINS THE RESPONSIBILITY OF THE USERS.

IN ADDITION TO LISTED PRECAUTIONS, YOU SHOULD CONSULT YOUR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH SPECIALIST TO INSURE THAT THE SUGGESTED HANDLING PROCEDURES WILL BE ADEQUATE AND IN COMPLIANCE WITH APPLICABLE LAWS AND REGULATIONS.

Page: 4

SIA ADHESIVES, INC.
Material Safety Data Sheet for: MA 562(4360104)

SECTION X - ADDITIONAL REGULATORY INFORMATION

-SARA TITLE III SECTION 313:

This product contains the following toxic chemicals subject to the reporting requirements of section 313 of the Emergency Planning and Community Right To Know Act of 1986 and of 40 CFR 372:

CAS#	Chemical Name	Percent by Weight
50-00-0	FORMALDEHYDE	< 1.

-PROP 65 (CARCINOGEN):

WARNING: This product contains a chemical known to the state of California to cause cancer

CAS#	Chemical Name
50-00-0	FORMALDEHYDE

IN ADDITION TO THE ANY LISTED CHEMICALS THIS PRODUCT MAY CONTAIN TRACE AMOUNTS OF PROP 65 CHEMICALS.

-PROP 65 (TERATOGEN):

WARNING: This product contains a chemical known to the state of California to cause birth defects or other reproductive harm.

CAS#	Chemical Name
	None

-PROP 65 (BOTH CARCINOGEN AND TERATOGEN):

WARNING: This product may contain a chemical known to the state of California to cause cancer or birth defects or other reproductive harm

CAS#	Chemical Name
	None

ANEXO “B”

HEAT BLANKET



HEAT BLANKETS

Quality

Heat Blanket Construction

Heat Blanket Circuit Spacing & Quality Comparisons



Competitor "A" Heat Blanket



HEATCON® Composite Systems' Heat Blanket

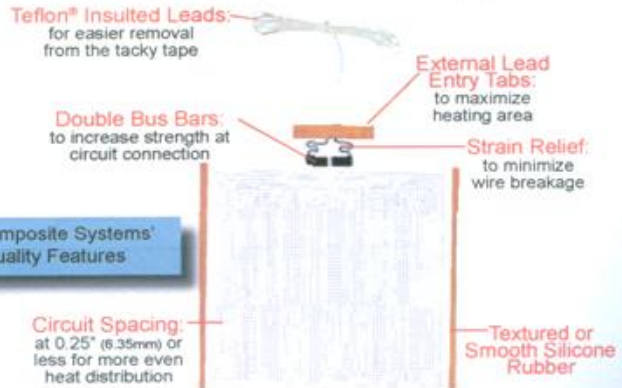
HEATCON® Composite Systems' Standard Quality Features

A Quality Difference:

Nonuniform heating by a heat blanket is generally caused by one of two factors, poor quality construction or improper handling. HEATCON® Composite Systems has the solution to both situations.

The most effective means to evenly distribute heat is by placing the heater wires closer together. Poorly designed heat blankets have circuit spacing of often 0.5" or more, whereas our blankets have a circuit spacing of 0.25" or less. An external tab is a standard on our blankets to maximize the heating area.

We have also addressed the improper handling factor by incorporating a strain relief in the power lead entry tab, using special eyelet crimping techniques and utilizing double buss bars which minimize open circuits at the buss bar connection. Computer generated circuitry optimizes circuit design to create even heat distribution. Our standard leads are Teflon® insulated for easier removal from the tacky tape after a repair.





HEAT BLANKETS

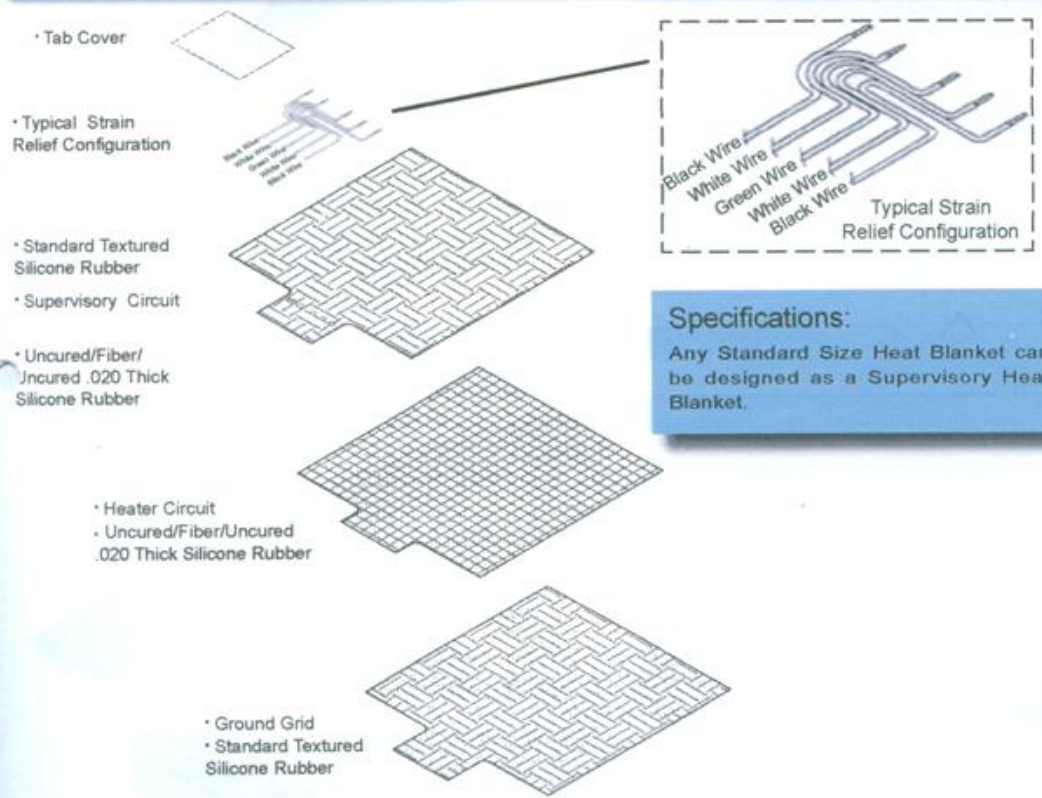
Supervisory

Custom Heat Blankets

Applications:

Supervisory Heat Blankets are used when performing a composite repair in a hazardous or flightline environment. These blankets have a very unique construction and includes three layers of protection. These layers combine to effectively reduce hazardous situations in a vapor volatile environment.

The Supervisory Heat Blankets are designed to be used with our HCS9000/9200FL (Flightline) Series Composite Repair Systems. If the blanket sensor detects a high cure temperature the controller will disable power output to the blanket. The circuit will then reset itself when the temperature falls below the critical level. An indicator and alarm on the HEATCON® Flightline Repair System will alert the operator to the condition.



Specifications:
Any Standard Size Heat Blanket can be designed as a Supervisory Heat Blanket.

HB-52|6.0 For more information: 800.556.1990 • Fax: 206.575.0856 • Email: info@heatcon.com • www.heatcon.com



HEATCON
COMPOSITE SYSTEMS
Composite Repair Solutions

HEAT BLANKETS

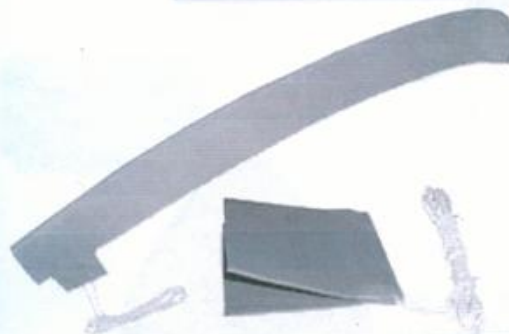
Custom Formed Heat Blankets



Flat Geometrics/Die-Cuts:
Various Shapes & Cut Out Blankets



3-D:
Radome Heat Blanket



Contoured:
Leading Edge & Angled (V-Shaped) Blankets

Capabilities:

The need for custom shaped, flexible heat blankets in composite repair has increased dramatically in recent years with all of the emerging applications being performed. HEATCON® Composite Systems has both the experience and dedication to meet all of your custom heat blanket requirements from design to delivery.

Our design capabilities include:

- Flat Geometrics/Die-Cuts
- 3-D - An excellent example for a 3-D heat blanket application is a radome repair. The nose cone, or radome, of an airplane is a highly sensitive and odd shape which requires a heat blanket designed for very specific form.

Radome Capabilities:

- Configurations for Boeing, Airbus, M-D.
- Other configurations available upon request
- Single Zone
- Multi Zones
- Storage Fixture Available
- Contours - Some application examples for contoured heat blankets include: leading edge, propeller, flap, fan-track and fan-cowl repairs.

Simply supply us with the details listed below, and we'll begin designing blankets to suit your specific needs.

- Width
- Length
- Lead Length
- Input Voltage
- Watt Density
- Dimensional Drawings



HEAT BLANKETS

Standard Heat Blankets

Applications:

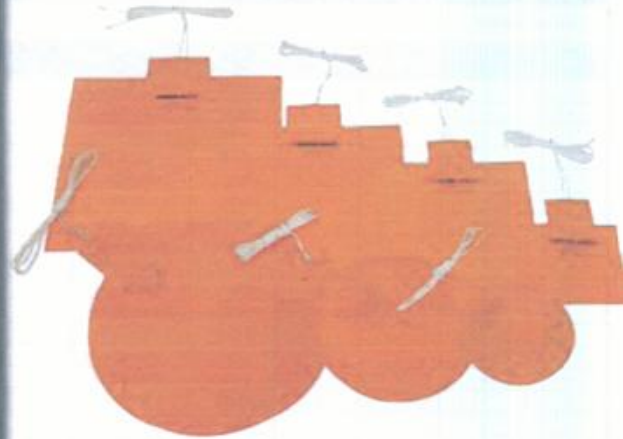
Our Silicone rubber heat blankets are specifically designed for the repair of composite structures using vacuum bagging techniques.

The unique construction of our heat blankets allows you to apply uniform heat exactly where you want it. Our design employs a grid of wound resistance wire encased between two layers of fiberglass reinforced silicone rubber. This design features strength, flexibility, durability and even heat distribution.

Standard Specifications:

- Maximum Width - 42 In. (106.7cm)
Unspliced
- Maximum Length - 136 In. (345.5cm)
Unspliced
- Maximum Temperature - 500°F (260°C)
- Watt Density - 5 watts/in.² (8 watts/cm²)
- Standard Material - Textured Silicone Rubber
- Standard Leads - Teflon® insulated
600V/400°F (204°C)
- Standard Lead Length - 5 Ft. (152.4cm)
- Standard Input Power - 120V or
220/240V (others available)
- Double Bus Bar Construction - to
Maximize Strain Relief
- External Tabs - Increase Heating Area







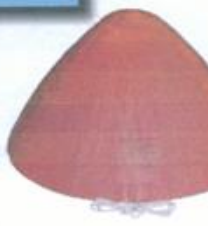
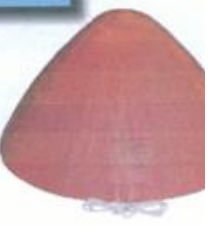
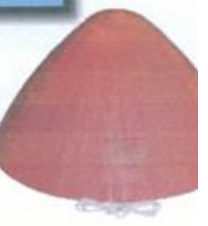
- (Strong)
- (Flexible)
- (Durable)
- (Uniform Heating)
- (Unique Construction)



**The Solution to
Uneven Heat
Distribution is
Quality!**

Featured Options:

- Heat Mapping - to Boeing D6-56273 Specifications
- Supervisory Circuits - for Hazardous Environments
- Multiple Zones - for Large Repairs
- Custom Sizes/Shapes/Contours
- Plugs - for Various Applications and Power Sources

 HEATCON COMPOSITE <i>Composite F</i>	 HEATCON COMPOSITE <i>Composite F</i>	 HEATCON COMPOSITE <i>Composite F</i>
<p data-bbox="375 470 518 515">Your Part</p>  <p data-bbox="406 795 662 862">Supply us with your part or with a tooling "splash"</p>	<p data-bbox="742 470 885 515">Your Part</p>  <p data-bbox="774 795 1029 862">Supply us with your part or with a tooling "splash"</p>	<p data-bbox="1109 470 1252 515">Your Part</p>  <p data-bbox="1141 795 1396 862">Supply us with your part or with a tooling "splash"</p>
<p data-bbox="391 1198 582 1265">Finished Heat Blanket</p> 	<p data-bbox="758 1198 949 1265">Finished Heat Blanket</p> 	<p data-bbox="1125 1198 1316 1265">Finished Heat Blanket</p> 
<p data-bbox="375 1534 710 1556">HB-54 6.0 For more information: 800.5</p>	<p data-bbox="742 1534 1077 1556">HB-54 6.0 For more information: 800.5</p>	<p data-bbox="1109 1534 1436 1556">HB-54 6.0 For more information: 800.5</p>

Custom Formed Our Process

Your Part



Supply us with your part
or with a tooling "splash"

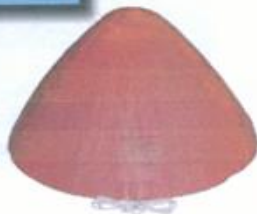
HEATCON® Composite Systems can manufacture custom Heat Blankets to fit your specific needs. From your part we produce a finished Heat Blanket using our unique fabrication processes.

Custom Tooling









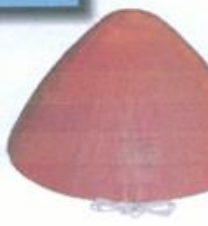
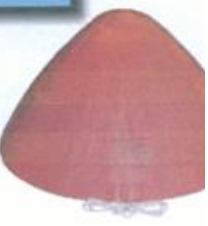
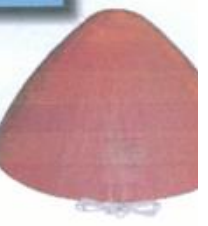
Custom tool to fabricate
Heat Blanket

Finished Heat
Blanket



The finished Heat Blanket is
an exact fit to your supplied
part or tooling "splash".

A high temperature tool is produced.
This is used during the Heat
Blanket manufacturing and curing
process.

 HEATCON COMPOSITE <i>Composite F</i>	 HEATCON COMPOSITE <i>Composite F</i>	 HEATCON COMPOSITE <i>Composite F</i>
<p data-bbox="375 470 518 515">Your Part</p>  <p data-bbox="406 795 662 862">Supply us with your part or with a tooling "splash"</p>	<p data-bbox="742 470 885 515">Your Part</p>  <p data-bbox="774 795 1029 862">Supply us with your part or with a tooling "splash"</p>	<p data-bbox="1109 470 1252 515">Your Part</p>  <p data-bbox="1141 795 1396 862">Supply us with your part or with a tooling "splash"</p>
<p data-bbox="391 1198 582 1265">Finished Heat Blanket</p> 	<p data-bbox="758 1198 949 1265">Finished Heat Blanket</p> 	<p data-bbox="1125 1198 1316 1265">Finished Heat Blanket</p> 
<p data-bbox="375 1534 710 1556">HB-54 6.0 For more information: 800.5</p>	<p data-bbox="742 1534 1077 1556">HB-54 6.0 For more information: 800.5</p>	<p data-bbox="1109 1534 1436 1556">HB-54 6.0 For more information: 800.5</p>

Custom Formed Our Process

Your Part



Supply us with your part
or with a tooling "splash"



HEATCON® Composite Systems can manufacture custom Heat Blankets to fit your specific needs. From your part we produce a finished Heat Blanket using our unique fabrication processes.

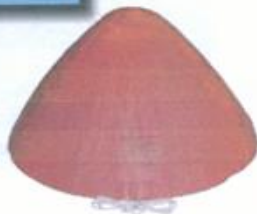
Custom Tooling



Custom tool to fabricate
Heat Blanket



Finished Heat
Blanket



The finished Heat Blanket is
an exact fit to your supplied
part or tooling "splash".

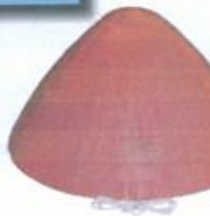
A high temperature tool is produced.
This is used during the Heat
Blanket manufacturing and curing
process.

Your Part



Supply us with your part
or with a tooling "splash"

Finished Heat
Blanket



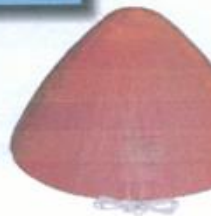
HB-54|6.0 For more information: 800.5

Your Part



Supply us with your part
or with a tooling "splash"

Finished Heat
Blanket



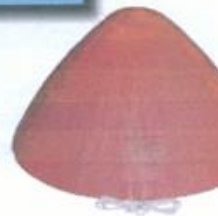
HB-54|6.0 For more information: 800.5

Your Part



Supply us with your part
or with a tooling "splash"

Finished Heat
Blanket



HB-54|6.0 For more information: 800.5

Custom Formed Our Process

Your Part



Supply us with your part
or with a tooling "splash"



HEATCON® Composite Systems can manufacture custom Heat Blankets to fit your specific needs. From your part we produce a finished Heat Blanket using our unique fabrication processes.

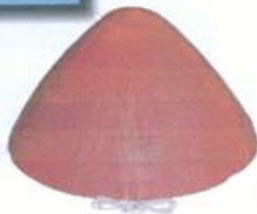
Custom Tooling



Custom tool to fabricate
Heat Blanket







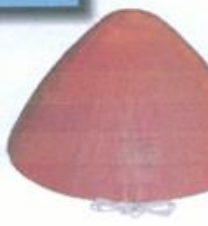
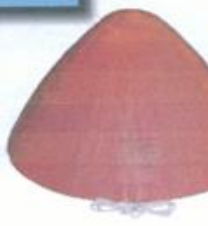
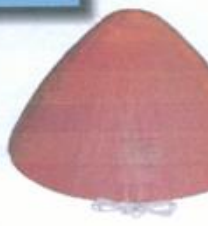


Finished Heat
Blanket



The finished Heat Blanket is
an exact fit to your supplied
part or tooling "splash".

A high temperature tool is produced.
This is used during the Heat
Blanket manufacturing and curing
process.

		
<p data-bbox="375 470 518 526">Your Part</p>  <p data-bbox="406 795 662 862">Supply us with your part or with a tooling "splash"</p>	<p data-bbox="734 470 877 526">Your Part</p>  <p data-bbox="766 795 1021 862">Supply us with your part or with a tooling "splash"</p>	<p data-bbox="1093 470 1236 526">Your Part</p>  <p data-bbox="1125 795 1380 862">Supply us with your part or with a tooling "splash"</p>
<p data-bbox="391 1198 582 1265">Finished Heat Blanket</p> 	<p data-bbox="758 1198 949 1265">Finished Heat Blanket</p> 	<p data-bbox="1117 1198 1308 1265">Finished Heat Blanket</p> 
<p data-bbox="375 1523 710 1556">HB-54 6.0 For more information: 800.5</p>	<p data-bbox="734 1523 1069 1556">HB-54 6.0 For more information: 800.5</p>	<p data-bbox="1093 1523 1428 1556">HB-54 6.0 For more information: 800.5</p>

Custom Formed Our Process

Your Part



Supply us with your part
or with a tooling "splash"



HEATCON® Composite Systems can manufacture custom Heat Blankets to fit your specific needs. From your part we produce a finished Heat Blanket using our unique fabrication processes.

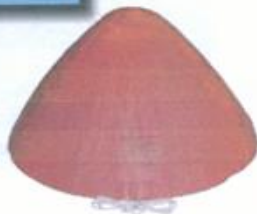
Custom Tooling



Custom tool to fabricate
Heat Blanket



Finished Heat
Blanket



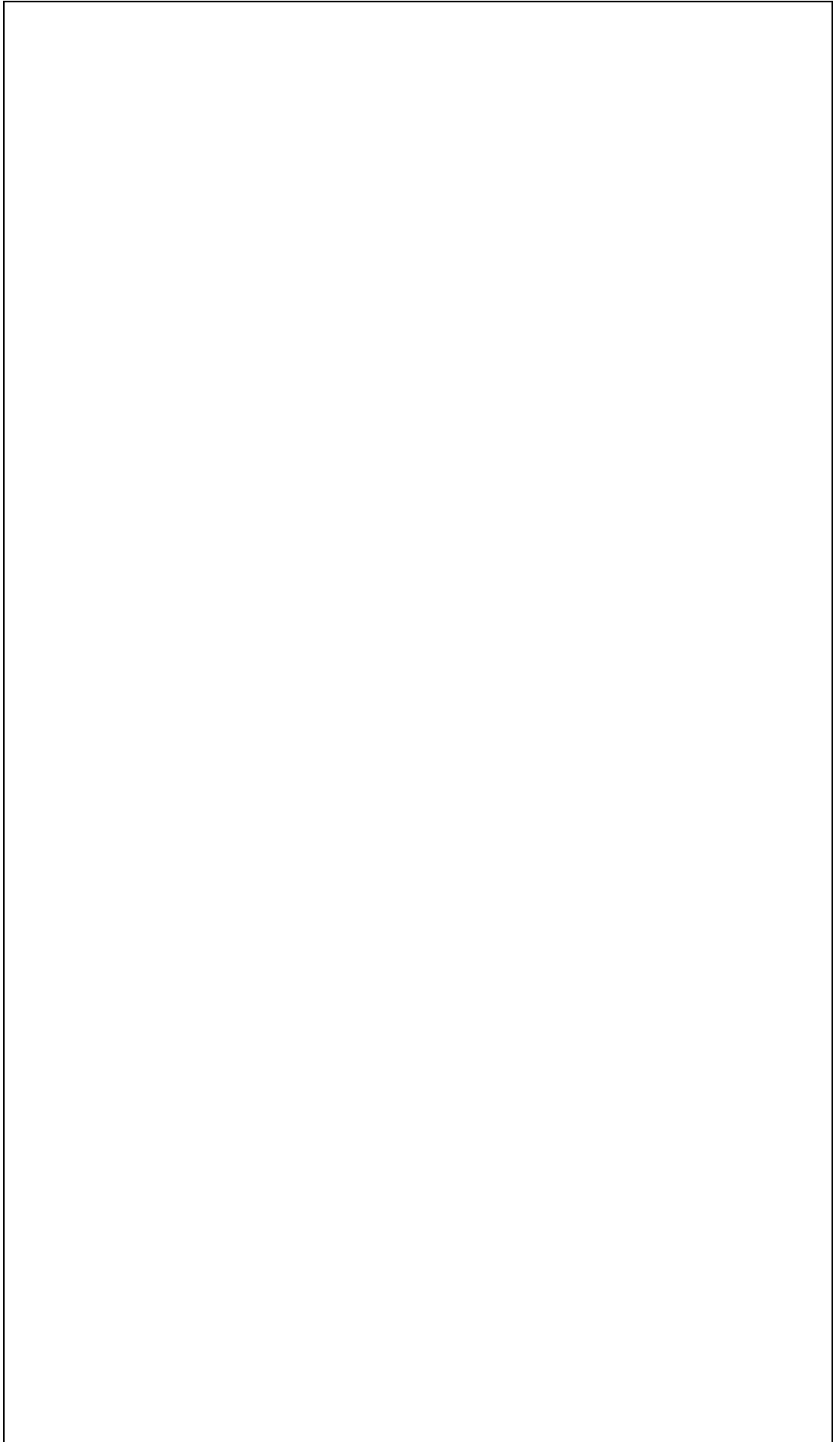
The finished Heat Blanket is
an exact fit to your supplied
part or tooling "splash".

A high temperature tool is produced.
This is used during the Heat
Blanket manufacturing and curing
process.

ANEXO “C”

BOEING 727 SRM 51-40-20 REPAIR DOUBLER SEPECIFICATIONS FOR FLUSH REPAIRS

ANEXO C	BOEING 727 SRM 51-40-20 REPAIR DOUBLER SPECIFICATIONS FOR FLUSH REPAIRS	1 de 12
----------------	--	----------------





STRUCTURAL REPAIR

- (c) Seal the repair area with a vacuum bag on both sides of the part or with a vacuum bag over the whole part.

NOTE: Because the vacuum bag method can apply only a small amount of pressure (approximately 10 to 12 psi (69 to 83 kPa)), and because a nominal pressure of 35 psi (241 kPa) is necessary to bond critical areas sufficiently, you are only allowed to use this method if you meet the specific repair conditions:

- Repair areas that have no compound curvature,
- Repair areas that have no irregular flatness changes in local areas,
- Repair areas with less than 0.10-inch (2.5 mm) change of contour in any 12-inch (300 mm) length. This 0.10-inch (2.5 mm) must be a single increase or decrease in only one direction along the surface of the panel.

- 1) Figure 8 shows an example of a flat panel with a vacuum bag on both sides of the part.
- 2) Figure 9 shows an example of a curved panel with a vacuum bag over the top of the part.

NOTE: The vacuum bag procedure will give only 10 to 12 psi (69 to 83 kPa) pressure to the bond surface. The repair parts must connect to the vacuum bag under finger pressure for a satisfactory bond.

- (2) Apply vacuum pressure.

- (a) Examine the vacuum bag for leaks.

NOTE: A vacuum bag that has a leak can cause porosity in the adhesive and result in bond failure of the repair.

- 1) Apply a vacuum to a minimum of 22 inches (560 mm) of Hg (mercury).
- 2) Remove the vacuum source.
- 3) Monitor the vacuum gage. After 5 minutes, the total difference in the vacuum must be less than 5 inches of mercury.

- (b) Apply and keep a vacuum to a minimum of 22 inches (560 mm) of Hg (mercury) throughout the cure cycle.

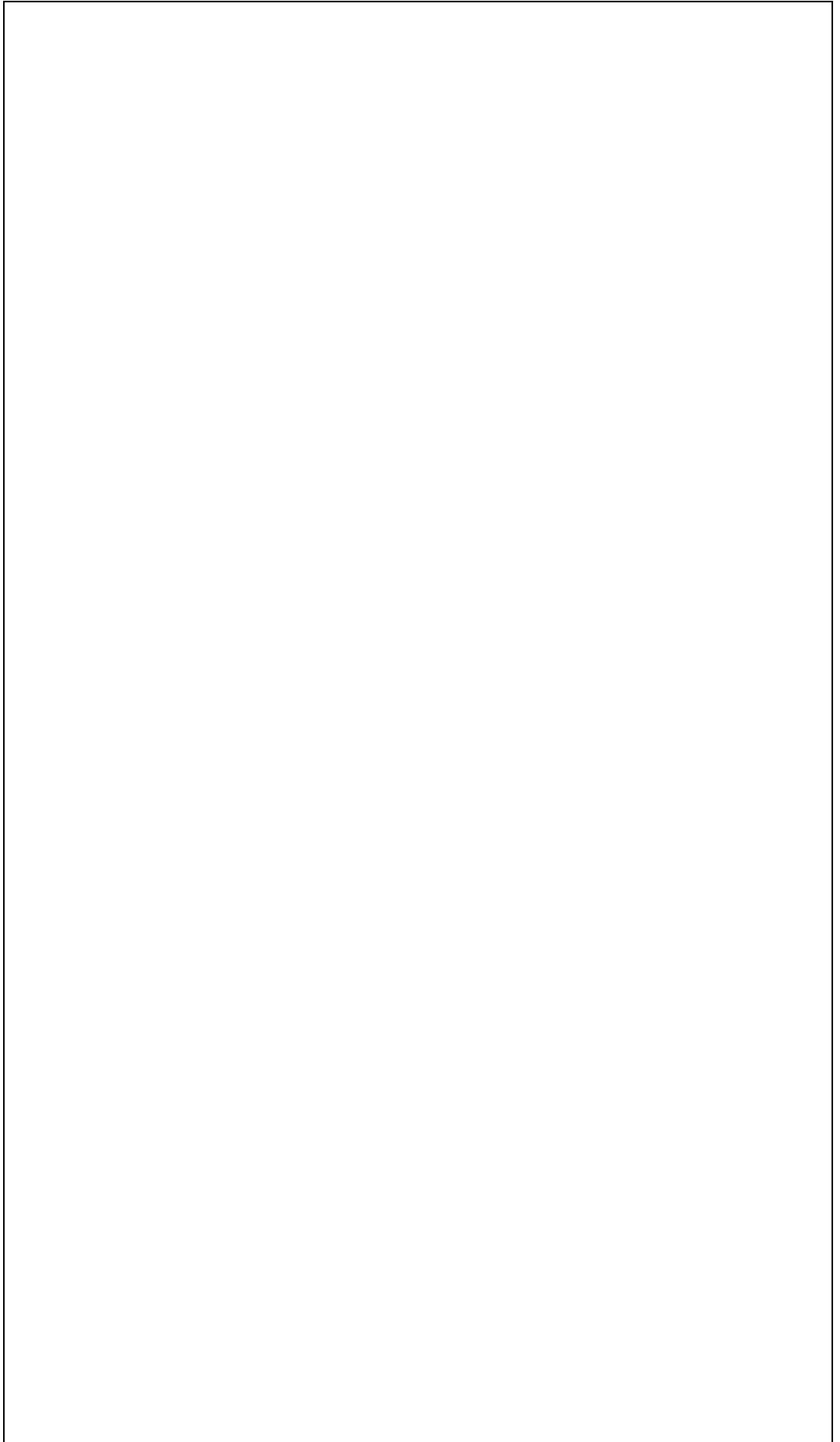
- (c) If necessary, use clamps, weights, sand bags, or hydraulic jacks to apply pressure to the vacuum bag.

NOTE: The pressure must be applied equally to all the areas. This pressure must not be more than 35 to 40 psi (241 to 276 kPa).

727 SRM
May 25/01

BOEING PROPRIETARY - Copyright © - Unpublished Work - See title page for details.

ANEXO C	BOEING 727 SRM 51-40-20 REPAIR DOUBLER SPECIFICATIONS FOR FLUSH REPAIRS	2 de 12
----------------	--	----------------





STRUCTURAL REPAIR

- (d) Use cast ceramic, plaster, or plastic tools when you apply pressure to the outer surface on a contoured or rounded panel.

N. Cure the repair.

- (1) Apply the temperature with the heat blankets, heat lamps, or hot air, as necessary.
- (2) Monitor the temperature with the thermocouples. Make sure that the temperature does not increase at a rate more than 5°F (3°C) for each minute.

CAUTION: DO NOT INCREASE THE TEMPERATURE OF THE ALUMINUM PANEL ABOVE 260°F (127°C). IF YOU DO NOT OBEY, DAMAGE TO THE TREATMENT OF THE ALUMINUM CAN OCCUR.

- (3) Refer to Table II for the correct cure time and cure temperature of the adhesive material that you use on the repair.

NOTE: Do not increase the temperature in areas that are non-pressurized, or not in vacuum to more than 200°F (93°C). This will help to prevent delamination in areas that are not part of the repair.

(4) Heat equipment.

- (a) Heat blankets must have a minimum heat capacity of 5 watts per square inch. Heat blankets must be a minimum of 1 inch (25 mm) larger than the repair area. They are not recommended to be more than 2 inches (50 mm) larger. Refer to Fig. 9.

- (b) Warm air or heat lamp may be used to help the heat blankets to cure the repair.

(5) Temperature control.

- (a) The temperature around the bond area must be monitored and controlled.

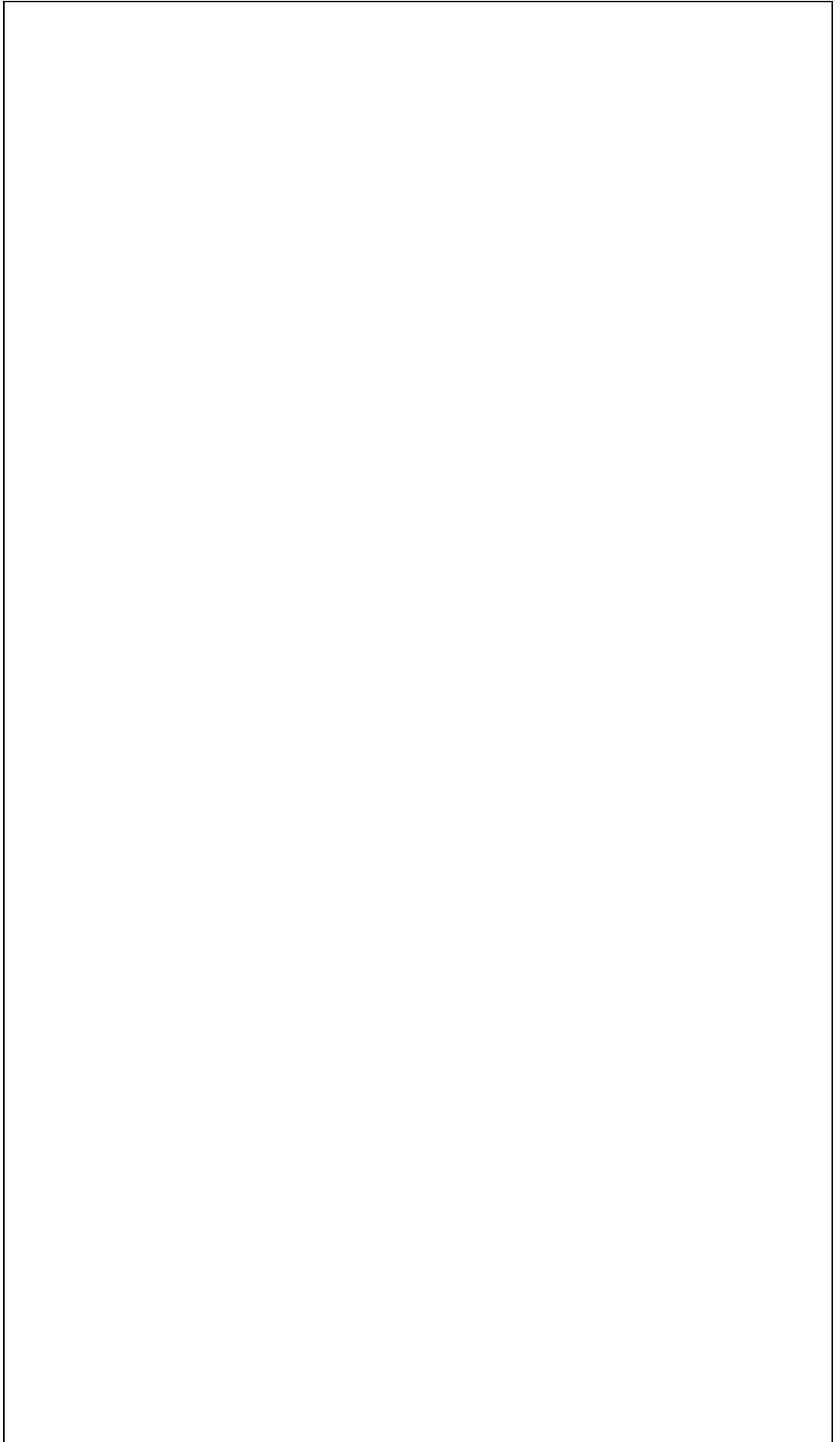
NOTE: The control unit must function up to 300°F (149°C) with an accuracy of $\pm 5.0^\circ\text{F}$ ($\pm 3.0^\circ\text{C}$). Also use American Wire Gauge (AWG) diameter wire to 30-gauge ((0.013 to 0.01-inch) (0.32 to 0.25 mm)) for the thermocouple wires.

O. Do the post-repair inspection procedure.

- (1) Do a visual inspection of the repair area around the edge of the repair doubler(s).

- Examine the edges of the repair doubler(s) for areas of disbond, gaps, or a failure in the bond line.

ANEXO C	BOEING 727 SRM 51-40-20 REPAIR DOUBLER SPECIFICATIONS FOR FLUSH REPAIRS	3 de 12
----------------	--	----------------





STRUCTURAL REPAIR

- (a) Make sure that all of the edges of the repair doubler(s) are bonded to the repair surface.

NOTE: No visual evidence of a delamination is permitted around the edge of the repair doubler(s).

- (b) Make sure that the doubler(s) show a bead of adhesive all around the edge of the repair doubler(s).

NOTE: If the bead is missing, then there is a void and the bond is not satisfactory.

- (c) Make sure that the bead is fully cured all around the edge of the repair doubler(s).

NOTE: If the bead is not fully cured, then the repair is not satisfactory.

- (d) If the repair is not satisfactory, then remove it and do the repair again.

- (2) Refer to the specified component allowable damage section to find:

- (a) The maximum separation of the honeycomb core from the skin.
(b) The maximum void size permitted.
(c) The maximum area of delamination permitted in the repair area.

- (3) Examine the repair area for voids, defects or a failure of the bond in the repair area.

- (a) Use Nondestructive Inspection (NDI) procedures.

NOTE: Refer to NDT Part 1, 51-01-01 and NDT Part 1, 51-04-00.

- (b) Examine the metal-to-metal areas where the repair doubler(s) are bonded to the initial metal surface.

NOTE: If you find disbonded areas that are greater than 0.5 inch (12.5 mm) in diameter, then the repair is not satisfactory. Also refer to SRM 51-40-5 for more metal-to-metal structural repair data.

- (c) Examine the area where the repair doubler(s) are bonded to the surface of the honeycomb core.

NOTE: If you disbonded areas that are greater than 1.0 inch (25 mm) in diameter, then the repair is not satisfactory.

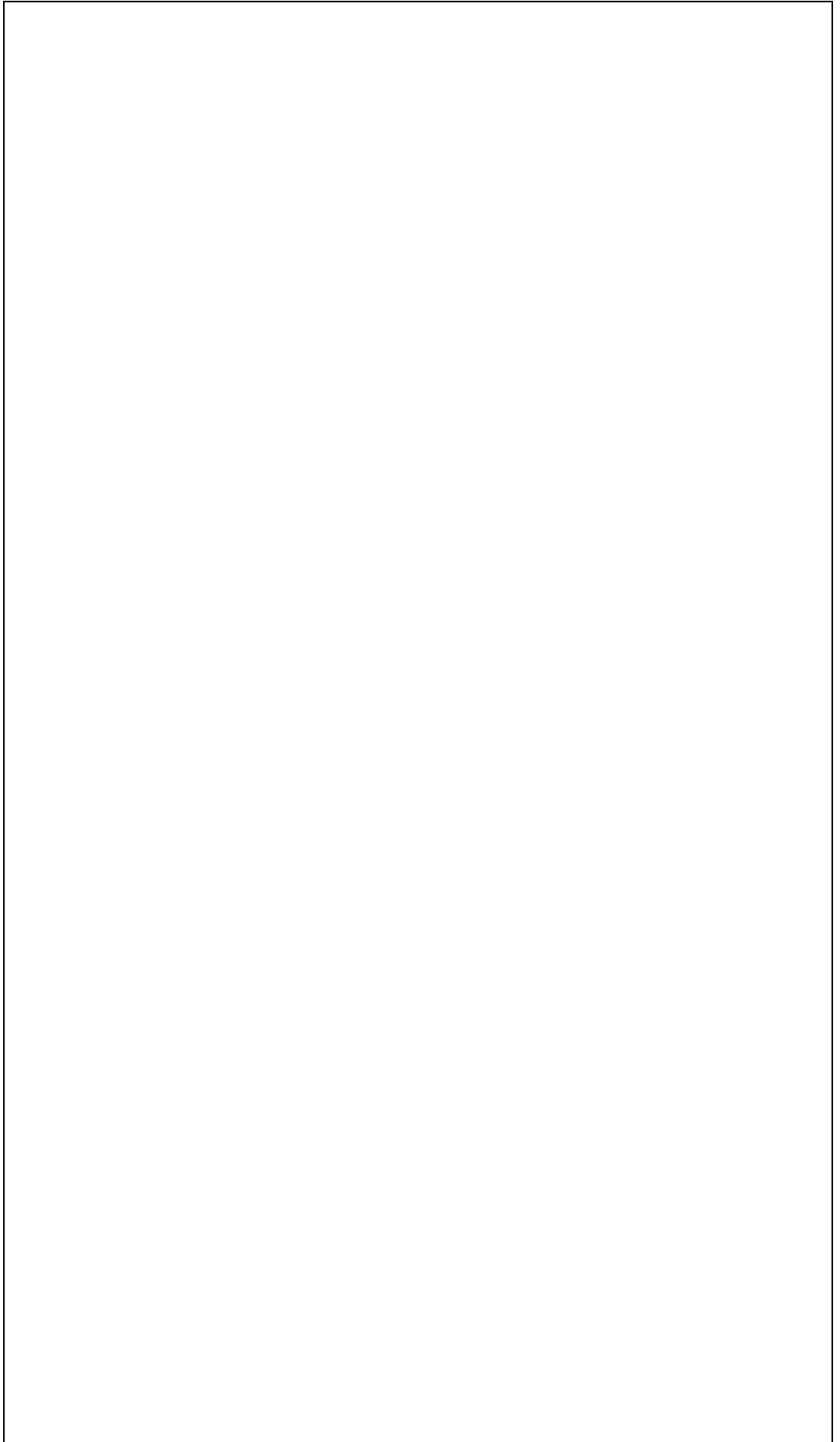
- (d) Examine an area that is 8 inches (200 mm) larger than the area that was hot during the cure cycle.

- (e) If the repair is not satisfactory, then remove it and do the repair again.

727 SRM
May 25/01

BOEING PROPRIETARY - Copyright © - Unpublished Work - See title page for details.

ANEXO C	BOEING 727 SRM 51-40-20 REPAIR DOUBLER SPECIFICATIONS FOR FLUSH REPAIRS	4 de 12
----------------	--	----------------





STRUCTURAL REPAIR

P. Seal the repair.

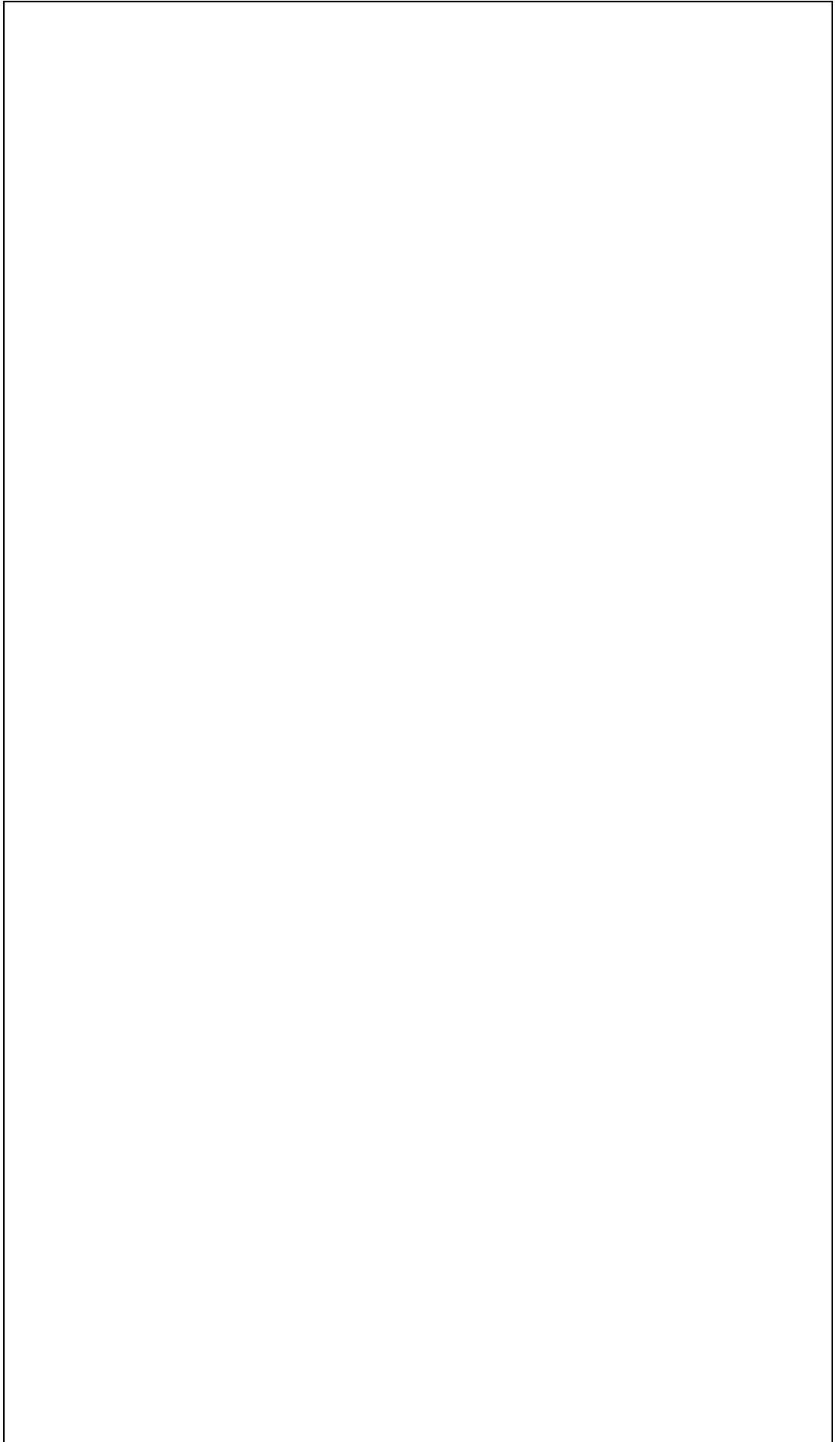
- (1) Use the sealant given in SRM 51-20-4 to seal:
 - (a) The repair vent holes.
 - (b) The edges of the inner skin doubler.
 - (c) The edges of the outside repair doubler.
 - (d) The open core splice foaming adhesive at the edge of the panel.
- (2) Make the sealant smooth at the edges of the repair parts where aerodynamic smooth is necessary. Refer to SRM 51-70.
- (3) If necessary, you can apply a finish to the repair area for protection from hydraulic fluid contamination. Refer to AMM 51-20-41.
- (4) To complete the repair, apply the initial finish to the repair area. Refer to AMM 51-20-41.

NO. 303

727 SRM
May 25/01

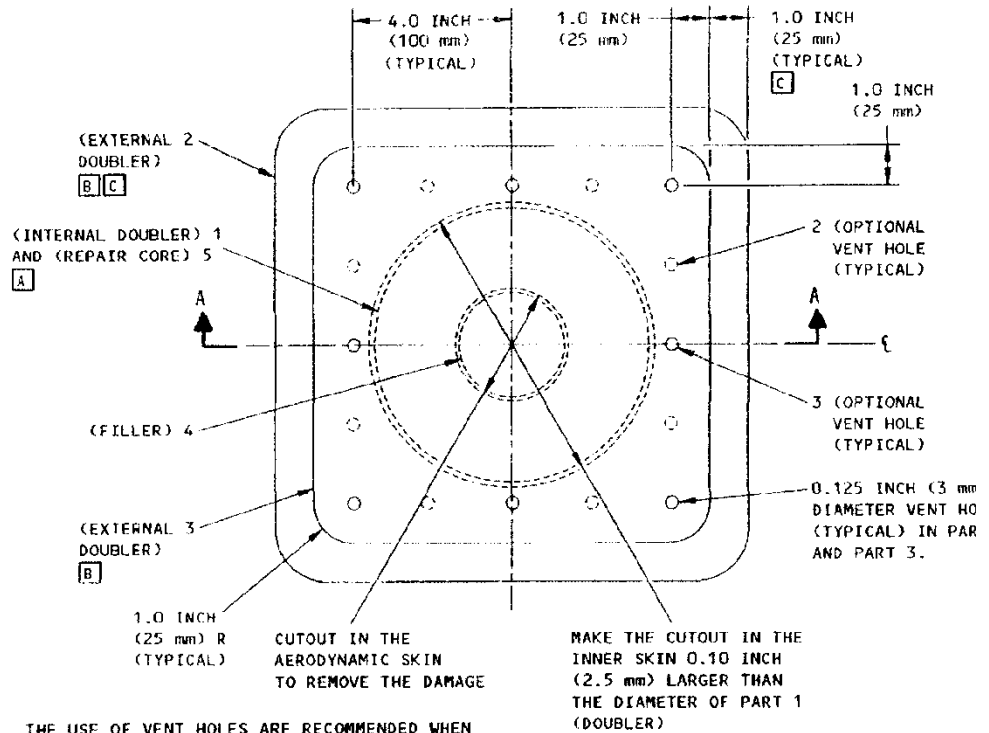
BOEING PROPRIETARY - Copyright © - Unpublished Work - See title page for details

ANEXO C	BOEING 727 SRM 51-40-20 REPAIR DOUBLER SPECIFICATIONS FOR FLUSH REPAIRS	5 de 12
----------------	--	----------------

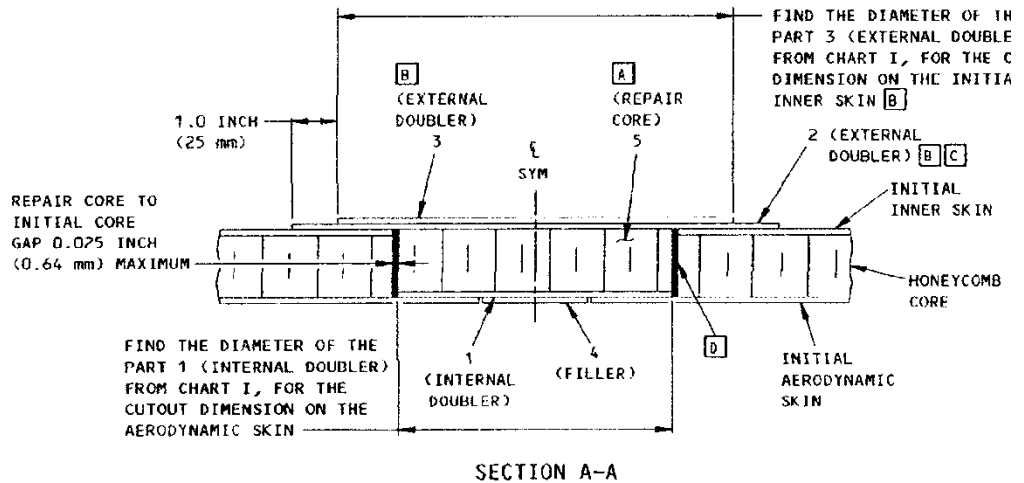




STRUCTURAL REPAIR



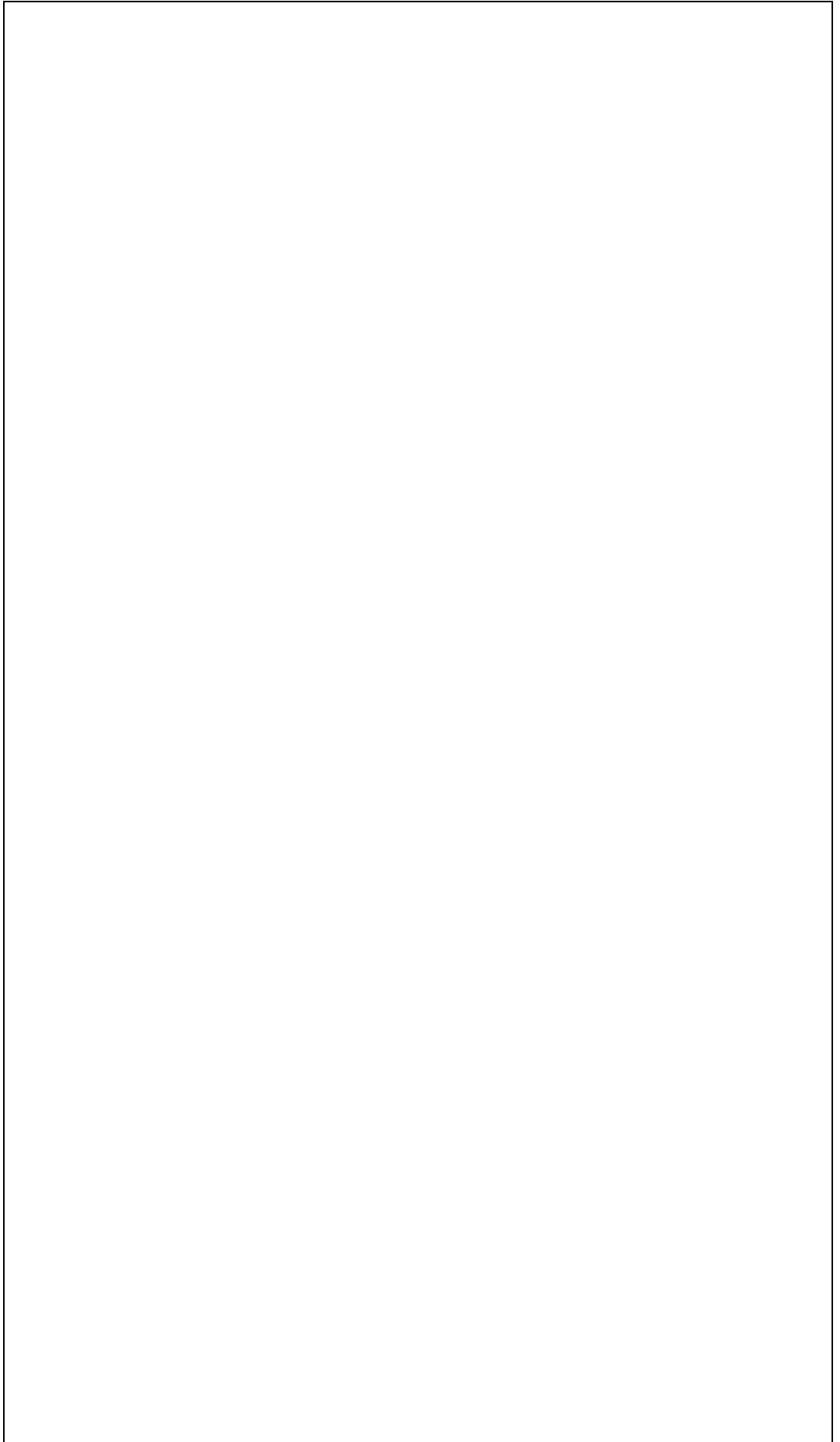
DETAIL I



Repair Doubler Specifications for Flush Repairs
Figure 4 (Sheet 1)

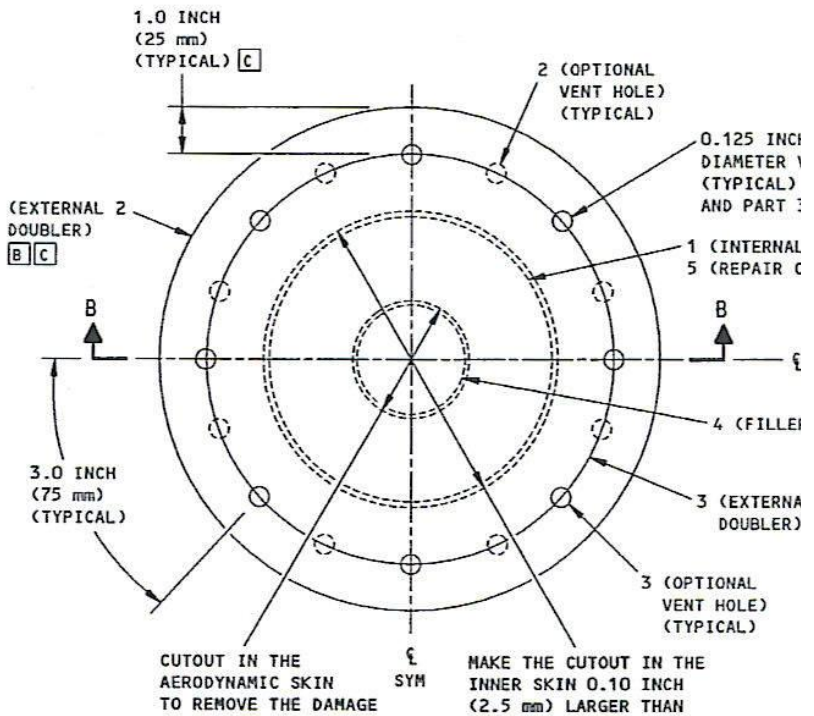
727 SRM
May 25/01

ANEXO C	BOEING 727 SRM 51-40-20 REPAIR DOUBLER SPECIFICATIONS FOR FLUSH REPAIRS	6 de 12
----------------	--	----------------



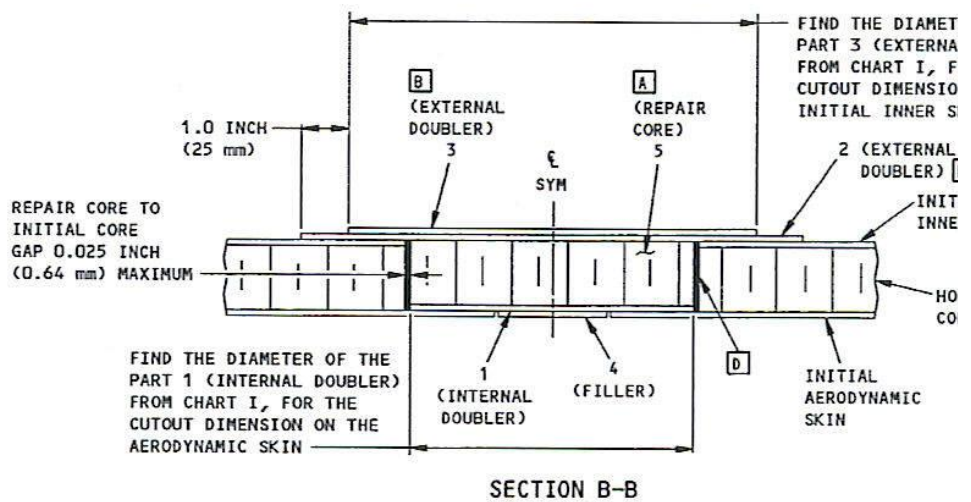


STRUCTURAL REPAIR



NOTE: THE USE OF VENT HOLES ARE RECOMMENDED WHEN THE REPAIR AREA IS TO BE VACUUM BONDED.

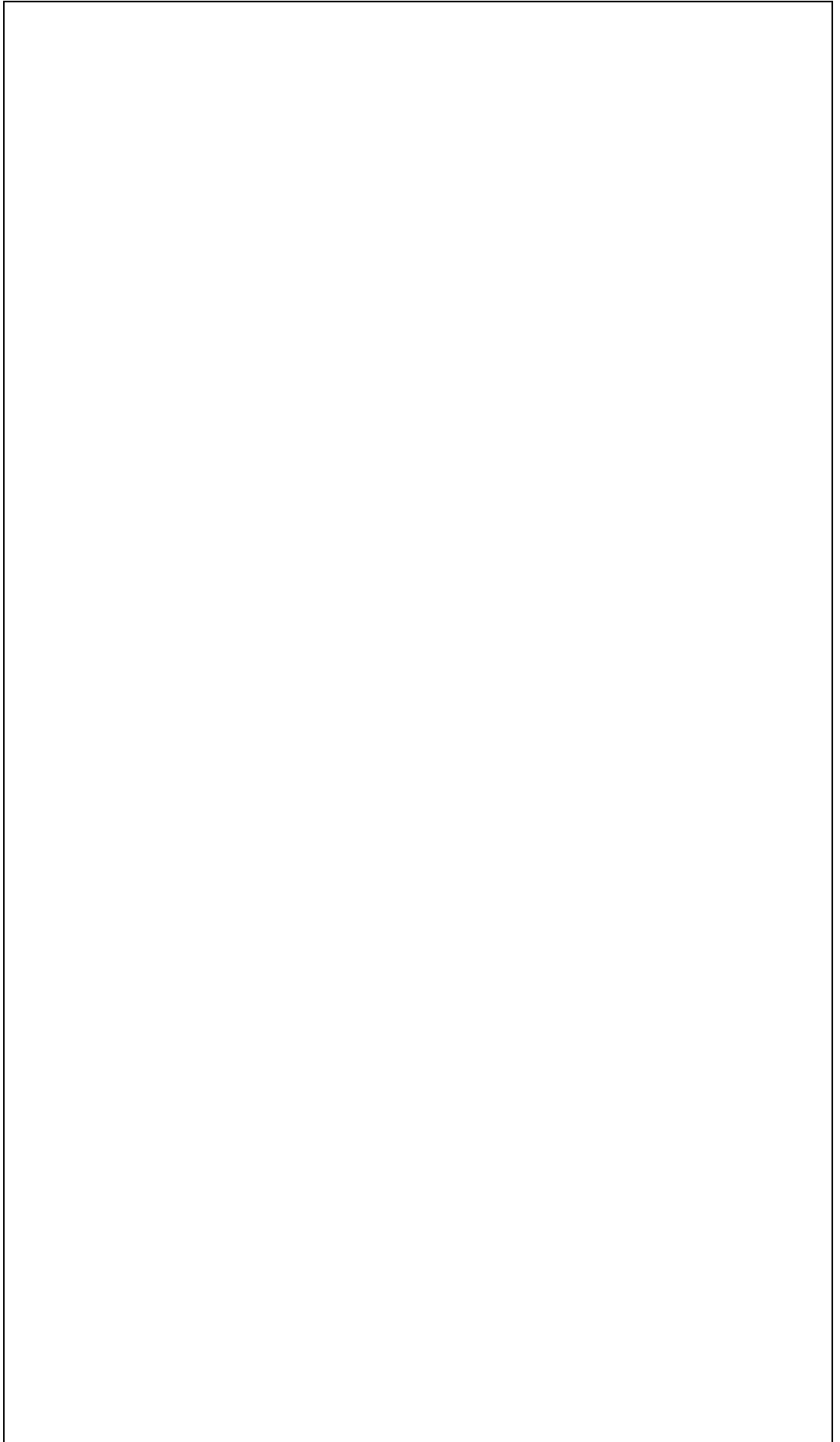
DETAIL II



Repair Doubler Specifications for Flush Repairs
Figure 4 (Sheet 2)

L68650

ANEXO C	BOEING 727 SRM 51-40-20 REPAIR DOUBLER SPECIFICATIONS FOR FLUSH REPAIRS	7 de 12
----------------	--	----------------





STRUCTURAL REPAIR

NOTES

- USE THIS FIGURE TO DETERMINE THE DOUBLER DIMENSIONS ONLY.
 - SQUARE AND CIRCULAR DOUBLER SHAPES ARE SHOWN IN THIS FIGURE FOR DAMAGE THAT IS CUT OUT TO A CIRCULAR SHAPE. RECTANGLE SHAPED DOUBLERS ARE PERMITTED FOR DAMAGE THAT IS CUT OUT TO A RECTANGULAR OR NONCIRCULAR SHAPE.
 - THE MATERIAL FOR THE REPAIR PARTS MUST BE EQUIVALENT TO THE SAME BOEING MATERIAL SPECIFICATION (BMS) AND HEAT TREAT AS THE SKIN TO BE REPAIRED.
 - BONDING SURFACES OF 2024 ALUMINUM DOUBLERS CAN BE CLAD OR NON-CLAD (BARE). BONDING SURFACES OF 7075 ALUMINUM DOUBLERS MUST BE NON-CLAD (BARE).
 - REFER TO TABLE II IN THE GENERAL REPAIR SECTION FOR THE ADHESIVE CURE CYCLE DATA.
 - THE VENT HOLES IN THE REPAIR DOUBLERS ARE PROVIDED TO PREVENT AIR ENTRAPMENT. VENT HOLES ARE RECOMMENDED WHEN YOU USE VACUUM BONDING.
- A** MAKE THE PART 5 REPAIR CORE LIKE THE INNER SKIN TO BE REPAIRED.
 - B** FOR THE INITIAL SKIN THICKNESS FROM 0.012 TO 0.020 INCH, THE EXTERNAL DOUBLER IS NOT NEEDED. ONLY THE PART 2 EXTERNAL DOUBLER WITH THE SAME DIAMETER OF THE PART 2 EXTERNAL DOUBLER AS SHOWN IN CHART I, FOR THE CUTOUT DIMENSIONS OF THE INNER SKIN.
 - C** WHEN YOU USE THE PART 3 EXTERNAL DOUBLER, MAKE THE PART 2 EXTERNAL DOUBLER (25 mm) LARGER ALL AROUND THAN THE PART 3 EXTERNAL DOUBLER.
 - D** TO BOND THE INITIAL CORE TO REPAIR SURFACES, YOU CAN USE THE FOLLOWING ADHESIVES THAT FOLLOW:
 - BMS 5-28, TYPE 6 OR 7 POTTING ADHESIVE
 - BMS 5-90, TYPE III, CLASS 25 ADHESIVE
 - BMS 5-92, BMS 5-109 OR BMS 5-110 PASTE ADHESIVE

CAUTION: DO NOT USE CLAD 7075 ALUMINUM REPAIR PARTS IN BONDED METAL REPAIRS. IF YOU DO NOT OBEY, THEN CORROSION CAN OCCUR AT THE BOND INTERFACE OF THE REPAIR.

IF NECESSARY, YOU CAN USE CLAD 7075 REPAIR PARTS THAT ARE CLAD ON ONE SIDE ONLY. MAKE SURE THE CLAD SIDE OF THE REPAIR PART IS NOT BONDED TO THE BOND INTERFACE OF THE REPAIR AREA.

ALL OTHER CLAD ALUMINUM MATERIALS ARE PERMITTED FOR USE IN BONDED METAL-TO-METAL REPAIRS.

REPAIR PART THICKNESS (INCHES) FOR BONDED REPAIRS				
INITIAL SKIN	INTERNAL DOUBLER 1	EXTERNAL DOUBLER 2	EXTERNAL DOUBLER 3	FILLER 4
0.012 TO 0.020	SAME AS THE AERODYNAMIC SKIN	SAME AS THE INITIAL SKIN	DOES NOT APPLY	SAME AS THE AERODYNAMIC SKIN
0.025		0.012	0.016	
0.032		0.012	0.020	
0.040		0.016	0.025	
0.044		0.020	0.025	
0.050		0.020	0.032	
0.052		0.020	0.032	
0.056		0.025	0.032	
0.060		0.032	0.032	
0.066		0.032	0.040	

TABLE I

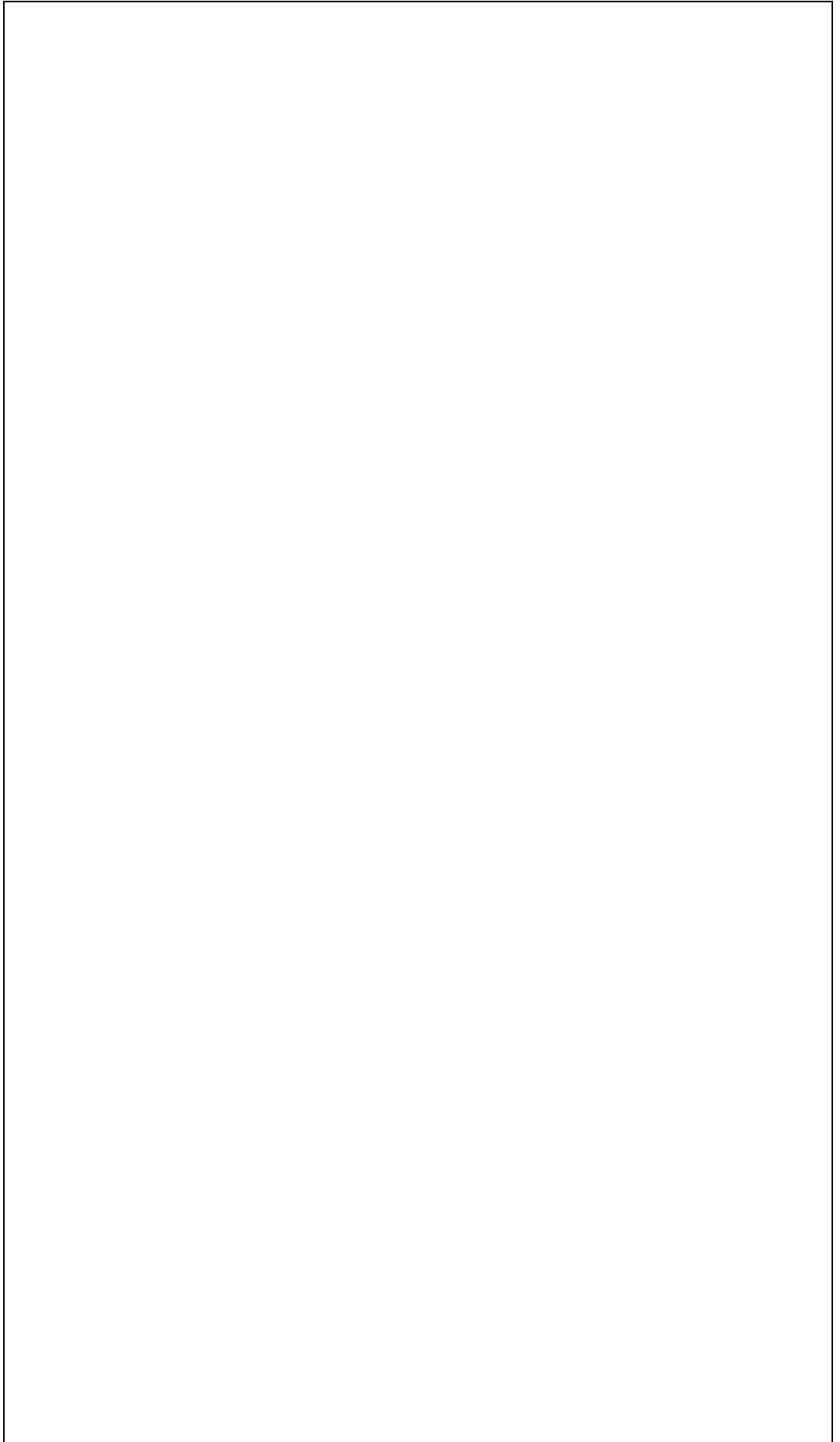
Repair Doubler Specifications for Flush Repairs
Figure 4 (Sheet 3)

L68453

727 SRM
May 25/01

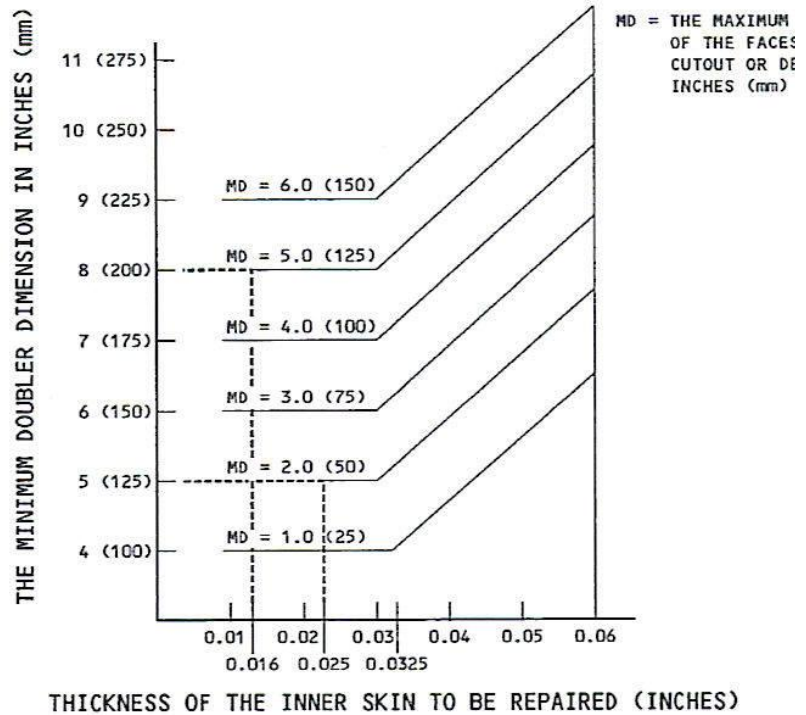
BOEING PROPRIETARY - Copyright © - Unpublished Work - See title page for detail

ANEXO C	BOEING 727 SRM 51-40-20 REPAIR DOUBLER SPECIFICATIONS FOR FLUSH REPAIRS	8 de 12
----------------	--	----------------





STRUCTURAL REPAIR



NOTE: UNLESS A REPAIR SPECIFIES DIFFERENTLY, THE MAXIMUM CUTOUT DIMENSION ALLOWED IS 6.0 INCHES (150 mm), AND THE MAXIMUM SKIN THICKNESS IS 0.06 INCH.

NECESSARY DIMENSIONS FOR THE REPAIR DOUBLER AS A RESULT OF THE MAXIMUM OF THE REPAIR CUTOUT OR DENT IN THE SPECIFIED SKIN CHART I

EXAMPLE: AFTER YOU MEASURE THE DAMAGED AREA, THE MAXIMUM DIMENSION OF THE CUTOUT (MD) IS 2.0 INCHES (50 mm). THE INITIAL INNER SKIN THICKNESS IS 0.025 INCH, AND THE IN AERODYNAMIC SKIN THICKNESS IS 0.025 INCH.

1. USE TABLE I TO FIND THE THICKNESS OF THE INTERNAL DOUBLER (1). FROM TABLE I, THE DOUBLER IS THE SAME AS THE AERODYNAMIC SKIN, 0.025 INCH.
2. USE CHART I TO FIND THE SIZE OF THE INTERNAL DOUBLER (1). FROM CHART I AND AN MD OF 2.0 (50 mm), THE DIAMETER OF THE INTERNAL DOUBLER (1) IS 5.0 INCHES (125 mm).

NOTE: THE MD IS EQUAL TO 5.0 INCHES (125 mm) FOR STEPS 3 THRU 6, BECAUSE OF THE REMOVAL OF THE REPAIR.

3. USE TABLE I TO FIND THE GAGE OF THE EXTERNAL DOUBLER (3). FROM TABLE I, THE THICKNESS OF THE EXTERNAL DOUBLER (3) IS 0.016 INCH.
4. USE CHART I TO FIND THE SIZE OF THE EXTERNAL DOUBLER (3). FROM CHART I AND AN MD OF 2.0 (125 mm), THE SIZE OF THE EXTERNAL DOUBLER (3) IS 8.0 INCHES (200 mm). THE DOUBLER CAN BE 8.0 INCHES (200 X 200 mm) SQUARE, OR 8.0 INCHES (200 mm) IN DIAMETER.
5. USE TABLE I TO FIND THE GAGE OF THE EXTERNAL DOUBLER (2). FROM TABLE I, THE THICKNESS OF THE EXTERNAL DOUBLER (2) IS 0.012 INCH.
6. THEN CALCULATE THE SIZE OF THE EXTERNAL DOUBLER (2). THE SIZE IS CALCULATED TO BE 8.0 (200 mm) PLUS (1.0 + 1.0 INCH) (25 X 25 mm) OVERSIZE, OR A 10.0 INCH (250 mm) DOUBLER CAN BE 10.0 X 10.0 INCHES (250 X 250 mm) SQUARE, OR 10.0 INCHES (250 mm) IN DIAMETER.

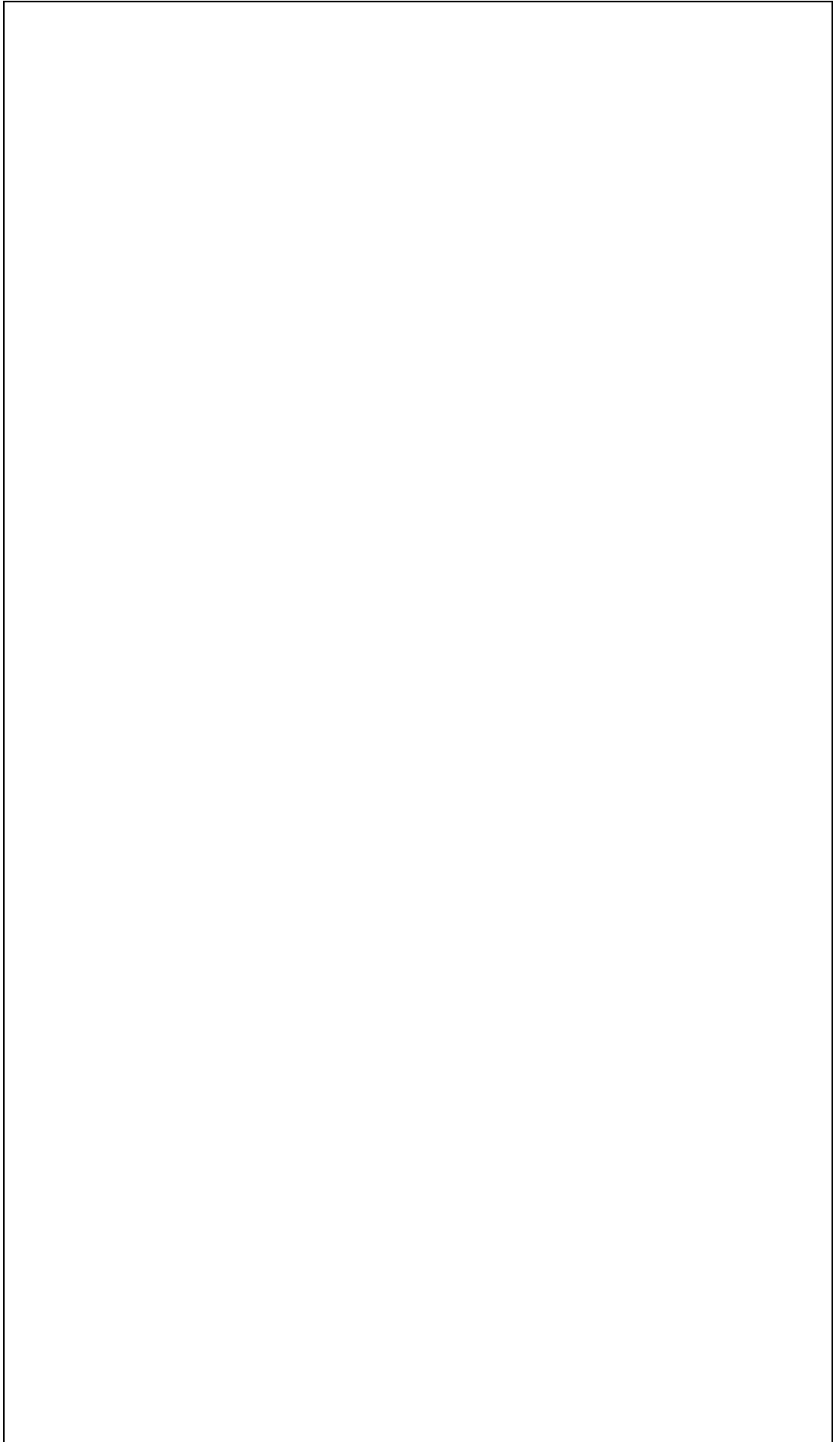
Repair Doubler Specifications for Flush Repairs Figure 4 (Sheet 4)

L68454

51-40-20
Page 30

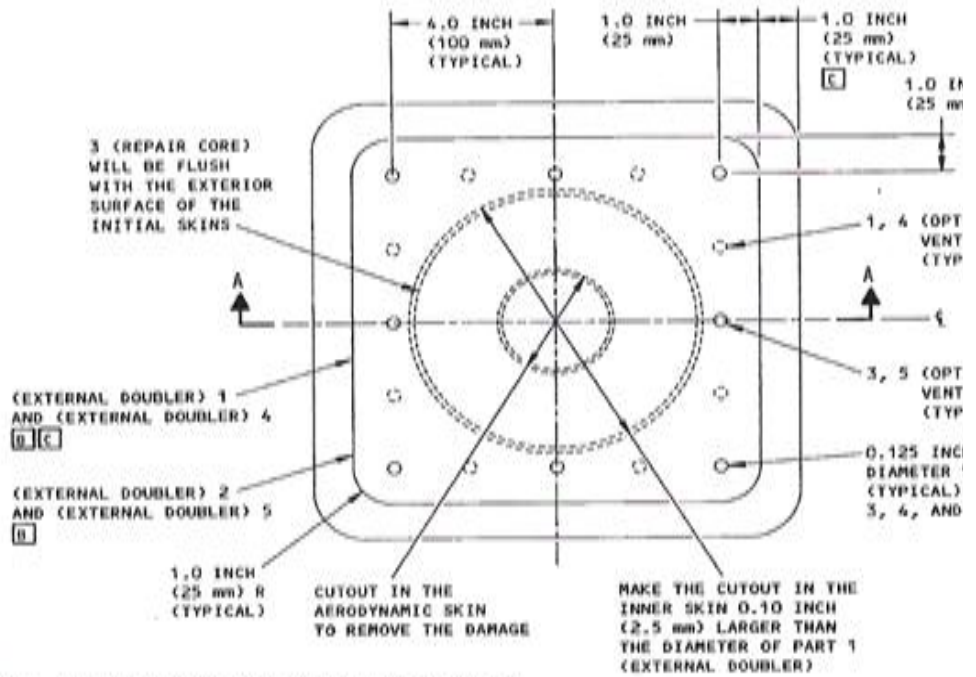
BOEING PROPRIETARY - Copyright © - Unpublished Work - See title page for details

ANEXO C	BOEING 727 SRM 51-40-20 REPAIR DOUBLER SPECIFICATIONS FOR FLUSH REPAIRS	9 de 12
----------------	--	----------------



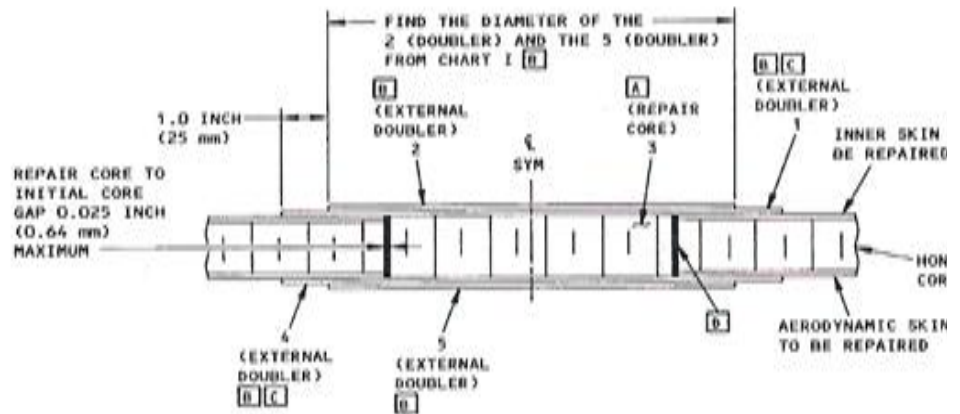


STRUCTURAL REPAIR



NOTE: THE USE OF VENT HOLES ARE RECOMMENDED WHEN THE REPAIR AREA IS TO BE VACUUM BONDED.

DETAIL I



SECTION A-A

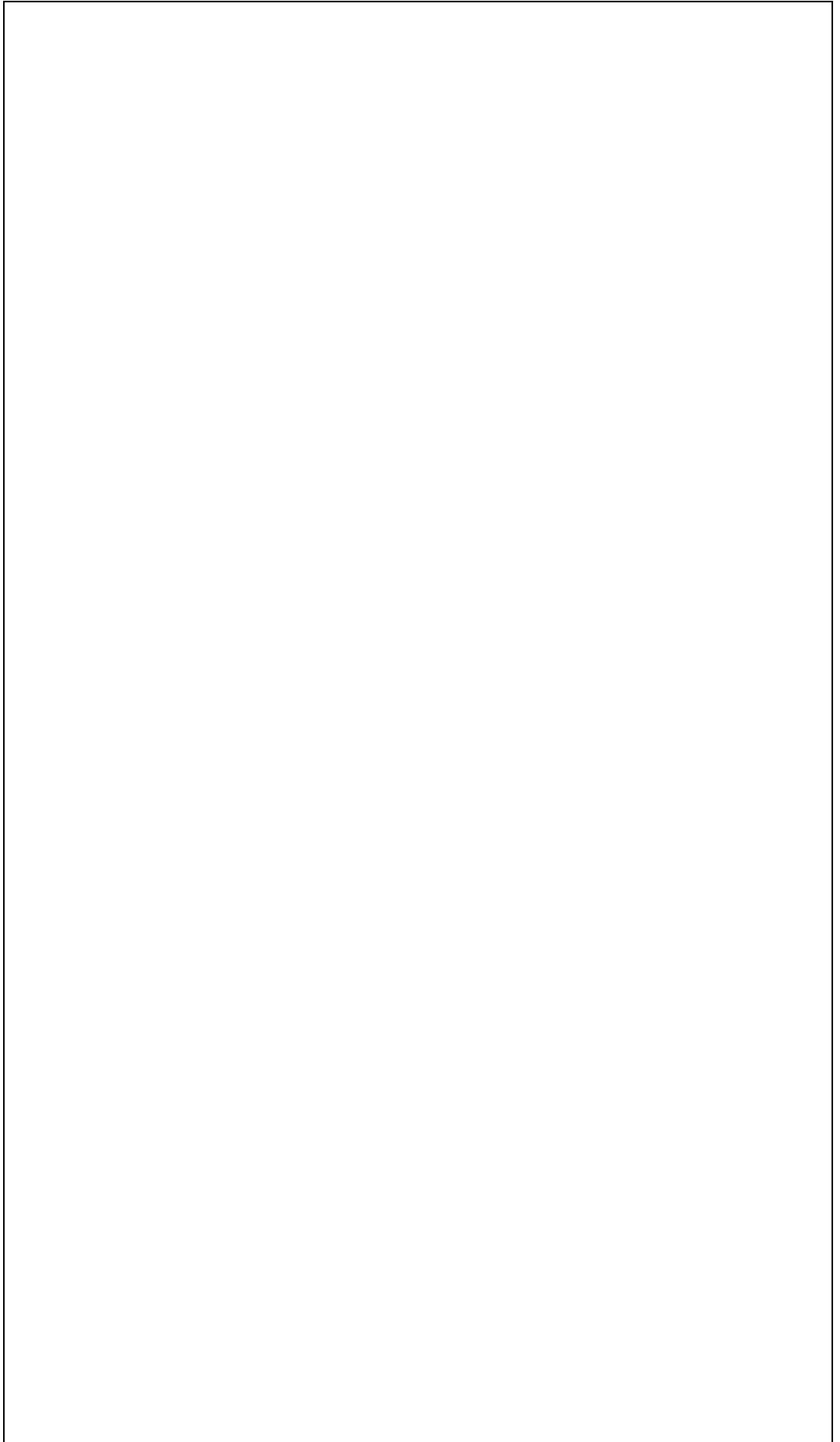
Repair Doubler Specifications for External Patch Repairs
Figure 5 (Sheet 1)

LIBRIST

727 SRM
May 25/01

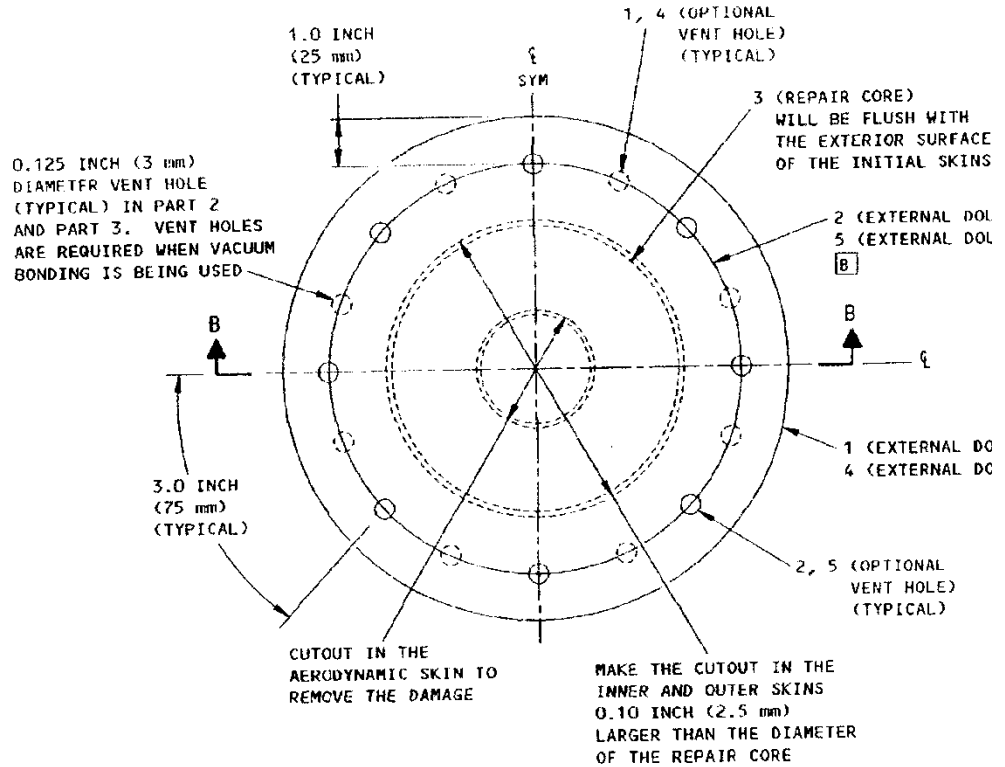
BOEING PROPRIETARY - Copyright © - Unpublished Work - See title page for data

ANEXO C	BOEING 727 SRM 51-40-20 REPAIR DOUBLER SPECIFICATIONS FOR FLUSH REPAIRS	10 de 12
----------------	--	-----------------

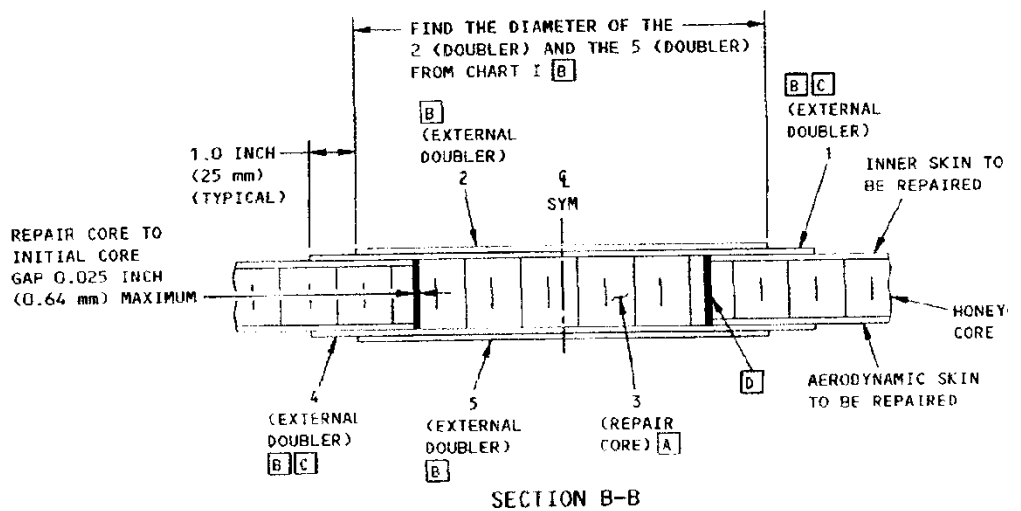




STRUCTURAL REPAIR

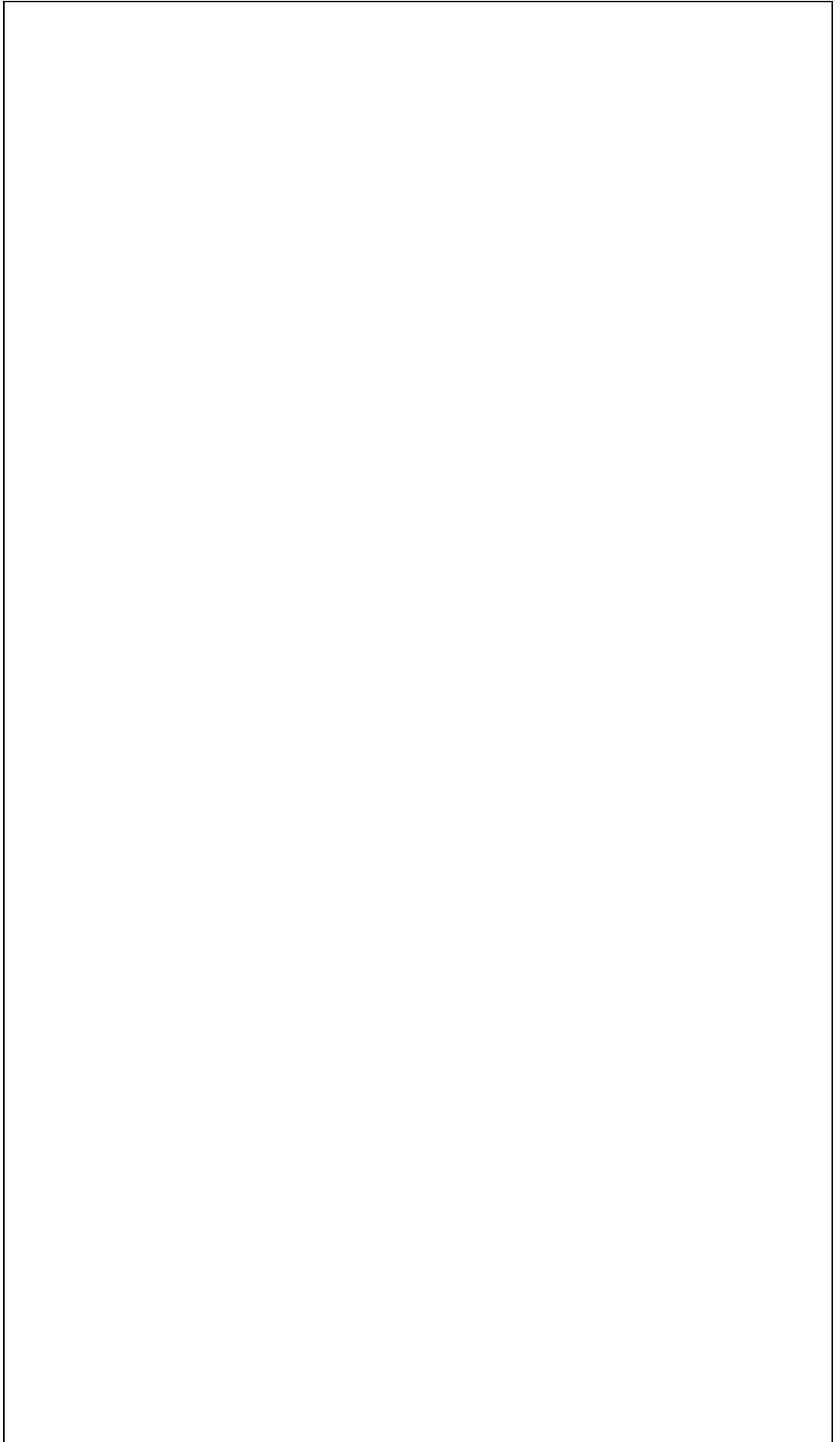


DETAIL II



Repair Doubler Specifications for External Patch Repairs
Figure 5 (Sheet 2)

ANEXO C	BOEING 727 SRM 51-40-20 REPAIR DOUBLER SPECIFICATIONS FOR FLUSH REPAIRS	11 de 12
----------------	--	-----------------





STRUCTURAL REPAIR

NOTES

- USE THIS FIGURE TO DETERMINE THE DOUBLER DIMENSIONS ONLY.
 - SQUARE AND CIRCULAR DOUBLER SHAPES ARE SHOWN IN THIS FIGURE FOR DAMAGE THAT IS CUT OUT TO A CIRCULAR SHAPE. RECTANGLE SHAPED DOUBLERS ARE PERMITTED FOR DAMAGE THAT IS CUT OUT TO A RECTANGULAR OR NONCIRCULAR SHAPE.
 - THE MATERIAL FOR THE REPAIR PARTS MUST BE EQUIVALENT TO THE SAME BOEING MATERIAL SPECIFICATION (BMS) AND HEAT TREAT AS THE SKIN TO BE REPAIRED.
 - BONDING SURFACES OF 2024 ALUMINUM DOUBLERS CAN BE CLAD OR NON-CLAD (BARE). BONDING SURFACES OF 7075 ALUMINUM DOUBLERS MUST BE NON-CLAD (BARE).
 - REFER TO TABLE II IN THE GENERAL REPAIR SECTION FOR THE ADHESIVE CURE CYCLE DATA.
 - THE VENT HOLES IN THE REPAIR DOUBLERS ARE PROVIDED TO PREVENT AIR ENTRAPMENT. VENT HOLES ARE NECESSARY WHEN YOU USE VACUUM BONDING.
- A** MAKE THE PART 3 REPAIR CORE TO BE WITH THE INNER PANEL TO BE REPAIR
 - B** FOR AN INITIAL SKIN THICKNESS THA TO 0.020 INCH, THE PARTS 2 AND 5 DOUBLERS ARE NOT NECESSARY. INST THE PARTS 1 AND 4 EXTERNAL DOUBLE THE DIAMETER OF THE PARTS 1 AND 4 FROM CHART I.
 - C** WHEN YOU USE THE PART 2 AND 5 EXT DOUBLERS, MAKE THE PARTS 1 AND 4 DOUBLERS 1.0 INCH (25 mm) LARGER THAN THE PARTS 2 AND 5 DOUBLERS.
 - D** FOR THE BOND AT THE INITIAL CORE CORE MATING SURFACES, YOU CAN USE THE ADHESIVES THAT FOLLOW:
 - BMS 5-28, TYPE 6 OR 7 POTTING C
 - BMS 5-90, TYPE III, CLASS 250 F ADHESIVE
 - BMS 5-92, BMS 5-109 OR BMS 5-14 ADHESIVE

CAUTION: DO NOT USE CLAD 7075 ALUMINUM REPAIR PARTS IN BONDED METAL REPAIRS. IF YOU DO NOT OBEY, THEN CORROSION CAN OCCUR AT THE BOND INTERFACE OF THE REPAIR.

IF NECESSARY, YOU CAN USE CLAD 7075 REPAIR PARTS THAT ARE CLAD ON ONE SIDE ONLY. MAKE SURE THE CLAD SIDE OF THE REPAIR PART IS NOT BONDED TO THE BOND INTERFACE OF THE REPAIR AREA.

ALL OTHER CLAD ALUMINUM MATERIALS ARE PERMITTED FOR USE IN BONDED METAL-TO-METAL REPAIRS.

REPAIR PART THICKNESS (INCHES) FOR BONDED REPAIRS		
INITIAL SKIN	DOUBLERS 1 AND 4	DOUBLERS 2 AND 5
0.012 TO 0.020	SAME AS THE INITIAL SKIN	DOES NOT APPLY
0.025	0.012	0.016
0.032	0.012	0.020
0.040	0.016	0.025
0.044	0.020	0.025
0.050	0.020	0.032
0.052	0.020	0.032
0.056	0.032	0.025
0.060	0.032	0.032
0.066	0.040	0.032

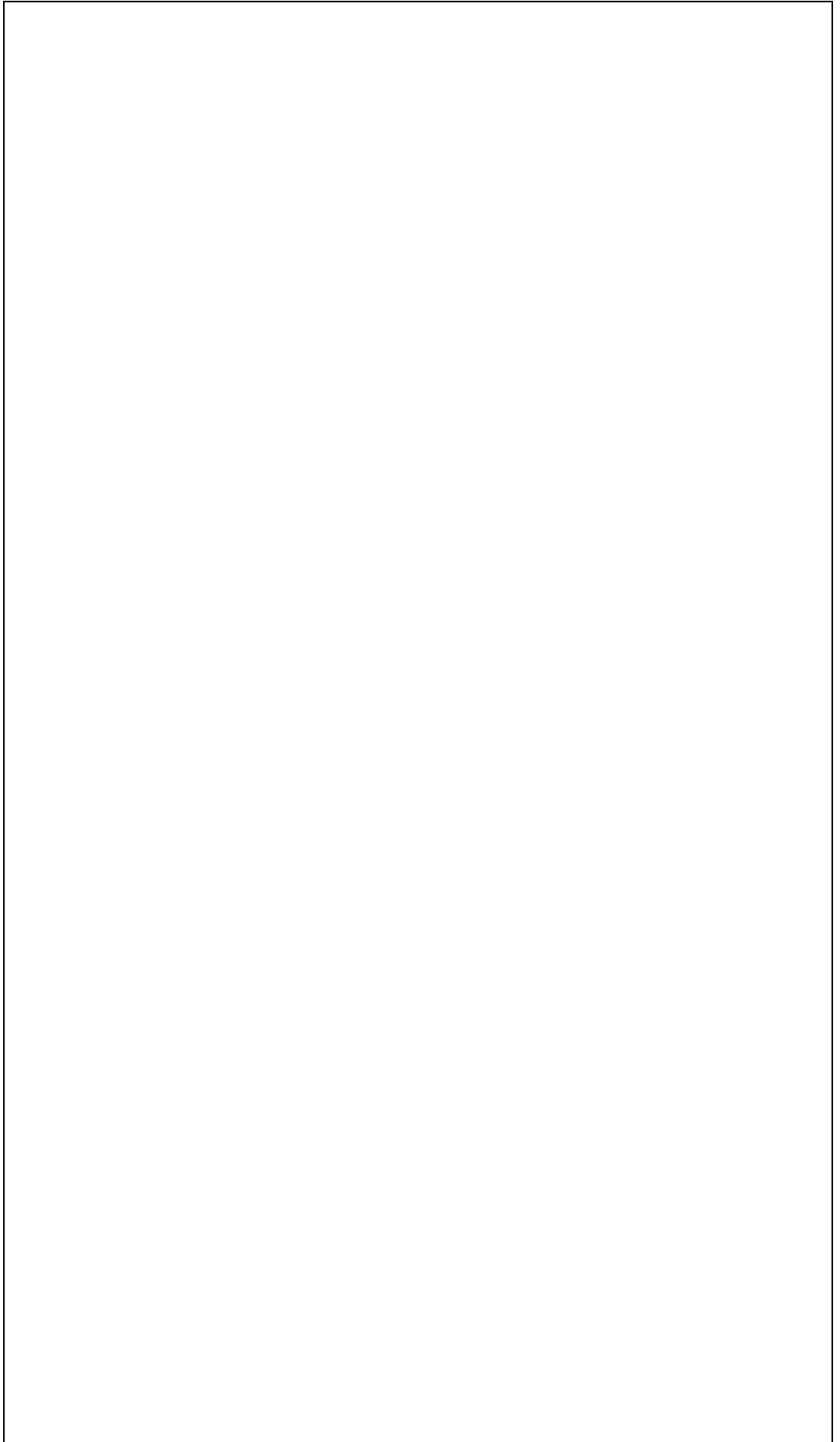
TABLE I

Repair Doubler Specifications for External Patch Repairs
Figure 5 (Sheet 3)

727 SRM
May 25/01

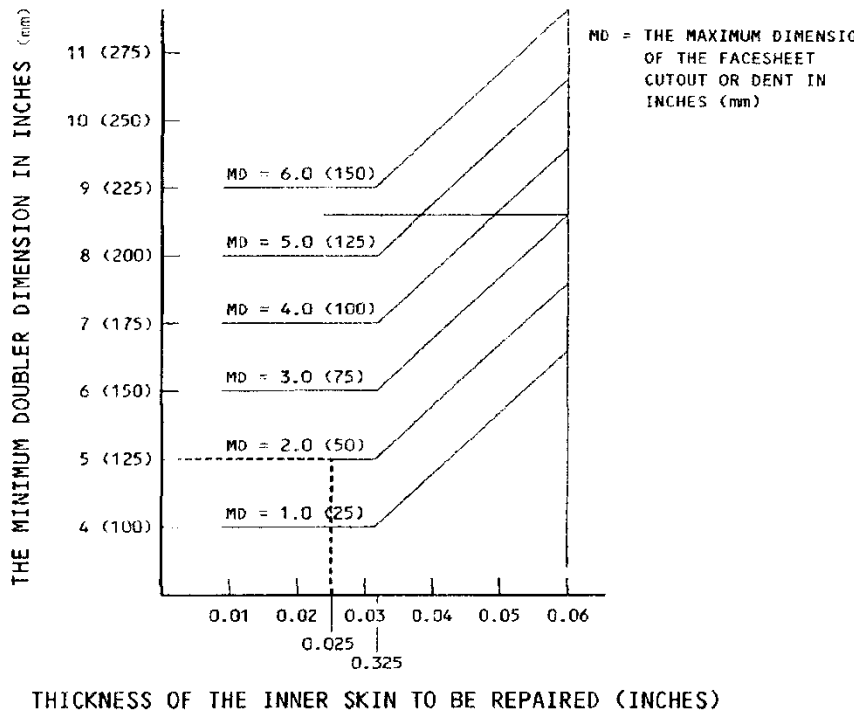
BOEING PROPRIETARY - Copyright © - Unpublished Work - See title page for details.

ANEXO C	BOEING 727 SRM 51-40-20 REPAIR DOUBLER SPECIFICATIONS FOR FLUSH REPAIRS	12 de 12
----------------	--	-----------------





STRUCTURAL REPAIR



NOTE: UNLESS A REPAIR SPECIFIES DIFFERENTLY, THE MAXIMUM CUTOUT DIMENSION ALLOWED IS 6.0 INCHES (150 mm), AND THE MAXIMUM SKIN THICKNESS IS 0.06 INCH.

NECESSARY DIMENSIONS FOR THE REPAIR DOUBLER AS A RESULT OF THE MAXIMUM DIMENSION OF THE REPAIR CUTOUT OR DENT IN THE SPECIFIED SKIN CHART I

EXAMPLE: AFTER YOU MEASURE THE DAMAGED AREA, THE MAXIMUM DIMENSION OF THE CUTOUT (MD) IS FOUND TO BE 2.0 INCHES (50 mm). THE INITIAL INNER SKIN THICKNESS IS 0.025 INCH, AND THE INITIAL AERODYNAMIC SKIN THICKNESS IS 0.025 INCH.

1. USE TABLE I TO FIND THE GAGE OF THE DOUBLERS (2) AND (5). FROM TABLE I, THE GAGE OF THE DOUBLERS (2) AND (5) ARE 0.016 INCH THICK.
2. USE CHART I TO FIND THE SIZE OF THE DOUBLERS (2) AND (5). FROM CHART I AND AN MD OF 2.0 INCH (50 mm), THE DIAMETER OF THE DOUBLERS (2) AND (5) ARE 5.0 INCHES.
3. USE TABLE I TO FIND THE GAGE OF THE DOUBLERS (1) AND (4). FROM TABLE I, THE GAGE OF THE DOUBLERS (1) AND (4) ARE 0.012 INCH THICK.
4. THEN CALCULATE THE SIZE OF THE DOUBLERS (1) AND (4). THE SIZE IS CALCULATED TO BE 5.0 INCHES (125 mm) PLUS (1.0 + 1.0 INCH) (25 + 25 mm) OVERSIZE, OR A 7.0 INCH (175 mm) DOUBLER. THE DOUBLER CAN BE 7.0 X 7.0 INCHES (175 X 175 mm) SQUARE, OR 7.0 INCHES (175 mm) IN DIAMETER.

Repair Doubler Specifications for External Patch Repairs Figure 5 (Sheet 4)

ANEXO “D”

**BOEING 727 SRM 51-40-20
BONDED DOUBLER REPAIR THAT USES TWO
CORES OF EQUAL DPTH AND AN INTERNAL
SEPTUM FOR FULL DEPTH CORE REPLACEMENT**

ANEXO D	BOEING 727 SRM 51-40-20 BONDED DOUBLER REPAIR THAT USE TWO CORES OF EQUAL DEPTH AND AN INTERNAL SEPTUM FOR FULL DEPTH CORE REPLACEMENT	1 de 2
----------------	---	---------------



STRUCTURAL REPAIR

NOTES (CONT)

F TO BOND THE INITIAL CORE TO THE REPAIR CORE MATING SURFACES, USE ONE OF THE ADHESIVES THAT FOLLOWS:

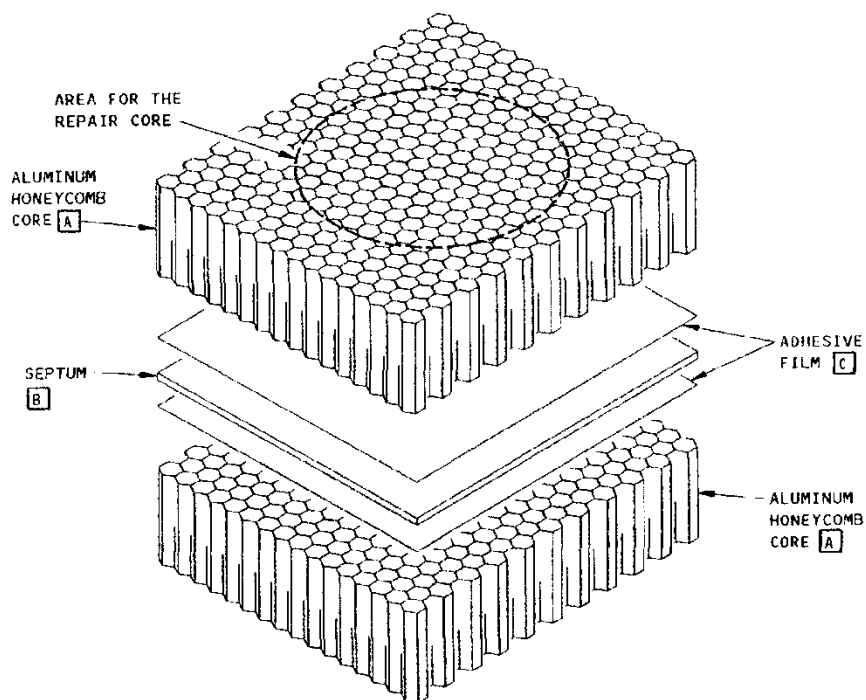
- BMS 5-28, TYPE VI OR TYPE VII, POTTING COMPOUND
- BMS 5-90, TYPE III, CLASS 250, GRADE 50 OR 100 FOAMING ADHESIVE.
- BMS 5-92, BMS 5-109 OR BMS 5-141, TWO-PART ADHESIVE

REFER TO GENERAL REPAIR SECTION FOR THE ADHESIVE CURE DATA.

G ADHESIVE FILM IS SHOWN. APPLY A LAY BMS 5-101, TYPE II, GRADE 10 OR 15 F ADHESIVE. REFER TO GENERAL REPAIR TABLE II FOR THE ADHESIVE CURE DATA.

H USE THE SAME THICKNESS, THE SAME BOEING MATERIAL SPECIFICATION (BMS) (OR THE EQUIVALENT), AND THE SAME HEAT TREAT AS THE INITIAL SKIN.

I REFER TO FIGURE 4, FOR THE MATERIAL, THICKNESS AND OVERLAP OF THE INTERNAL REPAIR DOUBLERS.



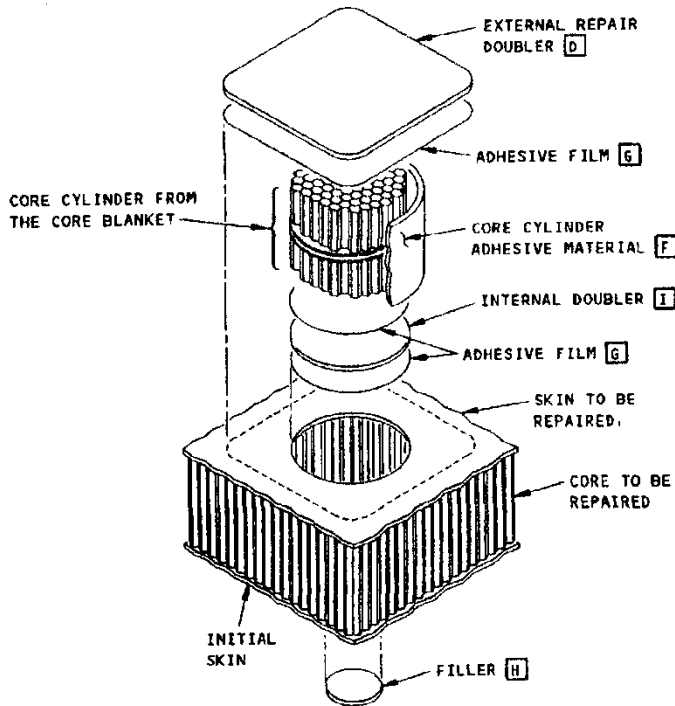
LAYOUT OF THE ALUMINUM CORE BLANKET
DETAIL I

Repair 10 - Bonded Doubler Repair That Uses Two Cores of Equal Depth and an Internal Septum for Full Depth Core Replacement
Figure 19 (Sheet 5)

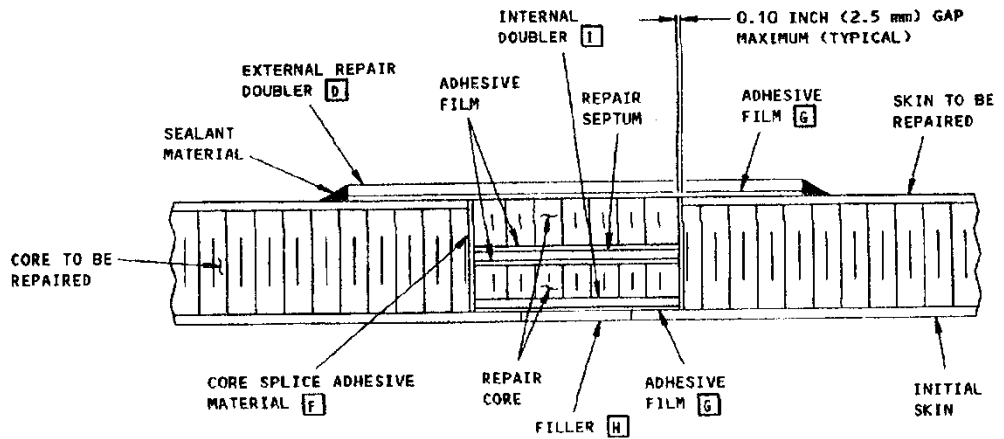
ANEXO D	BOEING 727 SRM 51-40-20 BONDED DOUBLER REPAIR THAT USE TWO CORES OF EQUAL DEPTH AND AN INTERNAL SEPTUM FOR FULL DEPTH CORE REPLACEMENT	2 de 2
----------------	---	---------------



STRUCTURAL REPAIR



**LAYOUT OF THE REPAIR PARTS FOR DAMAGE TO FULL DEPTH CORE AND BOTH ALUMINUM SKINS
DETAIL II**



SECTION THROUGH THE CENTER OF THE REPAIR AREA

**Repair 10 - Bonded Doubler Repair That Uses Two Cores of Equal Depth and an Internal Septum for Full Depth Core Replacement
Figure 19 (Sheet 6)**

727 SRM
Nov 25/00

BOEING PROPRIETARY - Copyright © - Unpublished Work - See title page for details.

5

ANEXO “E”

BOEING 727 SRM 51-40-20 REPAIR DOUBLER SEPECIFICATIONS FOR FLUSH REPAIRS

ANEXO E	BOEING 727 SRM 51-40-20 REPAIR DOUBLER SPECIFICATIONS FOR FLUSH REPAIRS	1 de 7
----------------	--	---------------



STRUCTURAL REPAIR

APPLICABILITY

REPAIR 10 IS A TYPICAL REPAIR THAT IS APPLICABLE TO DAMAGE TO ONE OR TWO ALUMINUM SKINS AND THE ALUMINUM HONEYCOMB SANDWICH STRUCTURE, WHERE THE FULL DEPTH OF THE CORE IS TO BE REPAIRED WITH A SEPTUM AND TWO REPAIR CORES.

THIS REPAIR IS APPLICABLE TO DAMAGE THAT IS 64 SQUARE INCHES (0.041 SQUARE METERS), OR LESS, IN TOTAL AREA. ON ONE SIDE ONLY, THE MAXIMUM LENGTH OF DAMAGE PERMITTED IS 12 INCHES (305 mm).

CAUTION: REFER TO THE SPECIFIC COMPONENT REPAIR SUBJECT FOR THE MATERIALS AND PROCEDURES APPROVED FOR THIS REPAIR.

IF YOU DO NOT OBEY, THEN THE REPAIR WILL NOT BE SATISFACTORY.

REPAIR INSTRUCTIONS

NOTE: This repair must be cured in two stages.

1. Find the limits of the damage as given in the General Repair section, paragraph 5.A.
2. Remove the finish in the damaged area only. Refer to AMM 51-20-1.

CAUTION: IF THE REPAIR AREA IS ON A CONTOURED SURFACE, THEN DO NOT REMOVE THE DAMAGE PERPENDICULAR TO THE SURFACE. IF YOU DO NOT OBEY, THE REPAIR WILL NOT BE SATISFACTORY.

3. Remove the damaged area as given in the General Repair section, paragraph 5.B.

NOTE: Make sure that you cut the core cells parallel to the ribbon direction of the bonded cell walls.

4. Clean the damaged area as given in the General Repair section, paragraph 5.C.
 - (a) Remove all of the contamination, in and around the damaged area.
 - (b) Clean the damaged area with a soft cloth moist with cleaning solvent.
 - Refer to SOPM 20-30-03 for the applicable cleaning solvent material and the general cleaning procedures.

5. Inspect the initial skin on the opposite side of the repair area.

- If you find that the skin on the opposite side of the repair is damaged, then you must install internal doubler in this skin. you continue with this repair. to paragraph 5.D. and Detail I: install the internal repair core and filler. Then you can continue with this repair procedure.
- If you do not find that the skin on the opposite side of the repair is damaged, then see Detail III: continue with this repair procedure.

6. Make a core blanket from two sheets of aluminum honeycomb core having a septum. See Detail I.

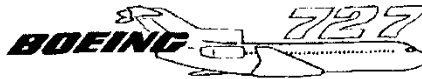
- (a) Get the two halves of the core blanket.
- (b) Make sure that the two pieces have the same approximate size in ribbon direction as the core removed.
- (c) Make sure that two pieces of core are approximately the same as the core removed.
- (d) Make sure that the height of the core blanket will be thick enough so it can be sanded flush with surface of the skin after the first stage cure is completed.

NOTE: The minimum height of the core blanket must be less than 0.020 inch above the outer surface of the skin to be repaired.

- (e) After you have machined the repair cores, make sure that you have the cores as given in the General Repair section, paragraph 5.E.

Repair 10 - Bonded Doubler Repair That Uses Two Cores of Equal Depth and an Internal Septum for Full Depth Core Replacement
Figure 19 (Sheet 1)

ANEXO E	BOEING 727 SRM 51-40-20 REPAIR DOUBLER SPECIFICATIONS FOR FLUSH REPAIRS	2 de 7
----------------	--	---------------



STRUCTURAL REPAIR

REPAIR INSTRUCTIONS (CONT)

- (f) Make the septum from precured BMS 8-79 glass fabric (GFRP) material or aluminum sheet metal material. See Detail I.
- NOTE:** Make the septum approximately the same size as the two sheets of core.
- 1) If you make the septum from precured BMS 8-79 glass fabric, then you must lightly abrade the surface resin to remove the gloss surface. Use 180 grit or finer sandpaper to remove the gloss surface.
NOTE: Do not sand into the glass fibers.
 - 2) If you make the septum from aluminum sheet metal, then you must anodize, or as an alternative, apply a chemical conversion coating and then apply a layer of Corrosion Inhibiting Adhesive Primer (CIAP) to the surfaces of the septum as given in SRM 51-40-5.
7. Before you bond the repair septum to the two sheets of aluminum core, make sure that the fit-up gap between the septum and the core surface is a maximum of 0.010 inch (0.25 mm).
- NOTE:** Use only a light finger pressure to make sure that the fit-up gap between septum and the repair cores is constant over the surfaces that are to be bonded together.
8. Bond the septum to the two sheets of core. See Detail I.
- (a) Apply the adhesive to both mating surfaces of the repair septum, as given in the General Repair section paragraph 5.K. and Detail I.
 - (b) Make sure that the ribbon directions of the two sheets of aluminum core are aligned in the same direction.
9. Cure the core blanket.
- (a) Place two thermocouples inside of the core cells near the septum to monitor the cure temperature.
NOTE: Make sure that the thermocouples are at the locations that will monitor the bondline temperature of the septum.
 - (b) Apply pressure to the core blanket as given in the General Repair section, paragraph 5.M.
 - (c) Cure the core blanket as given in the General Repair section, paragraph 5.N.
10. Remove the thermocouples from the core cells after the cure is completed.
11. Do a visual inspection of the repair core. Look for disbands in the adhesive material between the septum and the two repair cores.
NOTE: If the diameter of the repair septum is greater than 2.0 (50 mm) and you find disbands that are greater than 0.375 inch (9.5 mm) in diameter, then the area of the repair core is not satisfactory. You must do steps 6 thru 11. If diameter of the repair septum is less than 2.0 inches (50 mm) then no visible disbands are permitted in the area of the repair core.
12. Cut a repair core from the core blanket. See Detail II or Detail III as applicable.
- (a) Make the shape of the repair core that there will be a maximum of 0.10 inch (2.5 mm) between the two sheets of the repair core and the core to be repaired.
 - (b) When you cut the repair core from the core blanket, make sure you do not cut out an area from the core blanket that contains a thermocouple location.

Repair 10 - Bonded Doubler Repair That Uses Two Cores of Equal Depth and an Internal Septum for Full Depth Core Replacement
Figure 19 (Sheet 2)

727 SRM
May 25/01

BOEING PROPRIETARY - Copyright © - Unpublished Work - See title page for details.

ANEXO E	BOEING 727 SRM 51-40-20 REPAIR DOUBLER SPECIFICATIONS FOR FLUSH REPAIRS	3 de 7
----------------	--	---------------



STRUCTURAL REPAIR

REPAIR INSTRUCTIONS (CONT)

CAUTION: DO NOT USE CLAD 7075 DOUBLERS OR REPAIR PARTS IN BONDED METAL REPAIRS. IF YOU DO NOT OBEY, THEN CORROSION CAN OCCUR AT THE BOND INTERFACE OF THE REPAIR.

IF NECESSARY, CLAD 7075 REPAIR PARTS THAT ARE CLAD ON ONE SIDE ONLY CAN BE USED, BUT MAKE SURE THAT THE CLAD SIDE OF THE REPAIR PART IS NOT BONDED TO THE BOND INTERFACE OF THE REPAIR AREA.

ALL OTHER CLAD ALUMINUM MATERIALS ARE ACCEPTABLE FOR USE IN BONDED METAL REPAIRS.

13. Make the repair doubler(s). See Detail II, or Detail III as applicable.

NOTE: Refer to paragraph 5.D., Figure 4 or 5, as applicable, to find the correct number of doublers, the necessary dimensions, and the thickness of the external doublers.

14. Remove nicks, scratches, gouges, burrs, and sharp edges from the aluminum repair parts and the repair area.
15. Clean the repair doubler(s), and the repair area. Solvent clean the repair surface as given in paragraph 5.E.

NOTE: Do not do a solvent flush of the repair core.

16. Examine the repair area for a water-break free surface as given SRM 51-40-5.
17. If the repair area is located at the square edge of the panel assembly, then for improved durability apply BMS 5-101, Type III, liquid pourcoat adhesive to seal the exposed square edges. Refer to the General Repair section, paragraph 5.K.(4).
18. Anodize, or as an alternative, apply a chemical conversion coating to the non-primed surface of the repair area and the aluminum repair parts as given in the General Repair section, paragraph 5.F.

NOTE: Do not apply to the repair core or the core to be repaired.

Use this step only on bare metal surfaces only.

Remove all of the primer and paint before you anodize or apply a chemical conversion coating to the repair surfaces.

19. Apply the Corrosion Inhibiting Primer (CIAP) to the repair doubler and the repair area. Refer to General Repair section, paragraph 5.H.

20. Before you install the repair core, check between the repair doubler and the core to be repaired.

NOTE: A maximum gap of 0.10 in (2.5 mm) is permitted between the edge of the repair doubler and the core to be repaired.

21. Sand the repair core flush with the outer surface of the initial skin.

NOTE: After you sand the repair core, you must remove the loose material and other types of contamination from the repair area. Use compressed air or vacuum to remove the contamination.

22. Apply a layer of BMS 5-101, Type III, Grade 10 or 15 film adhesive to the damaged skin. Refer to Detail III as applicable, and to the General Repair section, paragraph 5.K.(4).

23. Install the repair core as given in the General Repair section, paragraph 5.I., 5.J., and Detail II or Detail III as applicable.

(a) Make sure that the cell walls and the repair core are installed parallel to the initial cell walls. See Figure 6.

NOTE: The maximum deviation permitted is ± 3 degrees.

(b) Also make sure that the repair core is aligned in the same direction as the ribbon direction of the skin to be repaired.

(c) Apply a sufficient amount of adhesive material to the repair core. Refer to the General Repair section, paragraph 5.K.

Repair 10 - Bonded Doubler Repair That Uses Two Cores of Equal Depth and an Internal Septum for Full Depth Core Replacement
Figure 19 (Sheet 3)

ANEXO E	BOEING 727 SRM 51-40-20 REPAIR DOUBLER SPECIFICATIONS FOR FLUSH REPAIRS	4 de 7
----------------	--	---------------



STRUCTURAL REPAIR

REPAIR INSTRUCTIONS (CONT)

24. Clean the repair area again. Solvent clean the repair surface as given in paragraph 5.E.
- NOTE:** Do not do a solvent flush of the repair core.
25. Install the external repair doubler(s) on the repair area.
- (a) Apply the adhesive material to the repair doubler(s) as given in the General Repair section, paragraph 5.I.
- (b) Put the repair doubler(s) into position as shown in Detail II or Detail III, as applicable.
- (c) Apply polyester tape to the repair so that the external doubler will not move during the final stage cure.
- CAUTION:** DO NOT SEAL THE EDGES OF THE DOUBLER. IF YOU SEAL THE EDGES OF THE DOUBLER IT CAN PREVENT THE FLOW OF THE ADHESIVE MATERIAL AND THE REMOVAL OF AIR DURING THE FINAL STAGE OF THE CURE.
- (d) Apply polyester tape around the edge of the doubler to prevent adhesive flash during the final cure.
26. Do the final cure of the repair area.
- (a) Apply pressure to the repair area as given in the General Repair section, paragraph 5.M.
- (b) Cure the repair area as given in the General Repair section, paragraph 5.N.
27. Do a post-repair inspection of the repair area as given in the General Repair section, paragraph 5.O.
28. Seal and finish the repair as given in the General Repair section, paragraph 5.P.

NOTES

- WHEN YOU USE THIS REPAIR, REFER TO:
 - AMM 51-20-0 FOR APPLICATION OF FINISHES
 - SOPM 20-30-03 FOR THE CLEANING PROCEDURES
 - SRM 51-10-1 FOR THE INSPECTION AND REMOVAL OF DAMAGE
 - SRM 51-10-2 FOR THE PROTECTIVE TREATMENT OF METALLIC AND NONMETALLIC REPAIR PARTS
 - SRM 51-20-4 FOR REPAIR SEALING
 - SRM 51-40-5 FOR METAL-TO-METAL STRUCTURAL REPAIR ADHESIVE BOND PROCEDURES

- SRM 51-40-19 GLASS FABRIC STRONG EPOXY LAMINATES AND NONMETALLIC SANDWICH REPAIRS - 250°F (121°C)
- THIS REPAIR IS A CATEGORY A DAMAGE REPAIR. REFER TO SRM 51-00-6 FOR DEFINITIONS OF THE DIFFERENT CATEGORY REPAIRS.

- SEE DETAIL II OR DETAIL III, AS FOR THE LAYOUT OF THE REPAIR PART
- MAKE THE ALUMINUM CORE BLANKET LARGER SO THAT THE REPAIR CORE CAN BE EASILY FIT TO THE REPAIR AREA.
- WHERE AERODYNAMIC SMOOTHNESS IS REQUIRED, APPLY A SEALANT TO THE EDGES OF EXTERNAL REPAIR DOUBLER(S). REFER TO GENERAL REPAIR SECTION, PARAGRAPH 5.P.

A MAKE THE NEW ALUMINUM CORE FROM BOEING MATERIAL SPECIFICATION (OR EQUIVALENT MATERIAL AS THE INITIAL)

B MAKE THE SEPTUM OUT OF PRECURED GLASS FABRIC OR ALUMINUM SHEET

- IF YOU MAKE THE SEPTUM FROM PREIMPREGNATED GLASS FABRIC, PRECURED LAMINATE MADE 2 PLY: BMS 8-79, CLASS III, STYLE III, OR 3 PLYS OF BMS 8-79, CLASS III, STYLE 120 OR 220.

- REFER TO SRM 51-40-19 TO CURE PREIMPREGNATED GLASS FABRIC

- IF YOU MAKE THE SEPTUM FROM ALUMINUM MATERIAL, THEN USE A 0.012-INCH THICK SHEET OF ALUMINUM.

- USE THE SAME BOEING MATERIAL SPECIFICATION (BMS), OR THE SAME AND THE SAME HEAT TREATMENT INITIAL ALUMINUM SKIN.

C APPLY ONE OF THE TWO FILM ADHESIVE MATERIALS TO BOTH MATING SURFACE REPAIR SEPTUM AS FOLLOWS:

- APPLY TWO LAYERS (0.020 INCH THICK) BMS 5-101, TYPE II, GR (3M AF-163-2 OR HYSOL EA-9628) ADHESIVE FILM.

- APPLY TWO LAYERS (0.020 INCH THICK) OF BMS 5-129, TYPE IV, ADHESIVE FILM.

D REFER TO FIGURE 4, FOR THE EXTERNAL DOUBLER DATA.

E REFER TO FIGURE 5, FOR THE EXTERNAL DOUBLER DATA.

Repair 10 - Bonded Doubler Repair That Uses Two Cores of Equal Depth and an Internal Septum for Full Depth Core Replacement
Figure 19 (Sheet 4)

727 SRM
May 25/01

ANEXO E	BOEING 727 SRM 51-40-20 REPAIR DOUBLER SPECIFICATIONS FOR FLUSH REPAIRS	5 de 7
----------------	--	---------------



STRUCTURAL REPAIR

NOTES (CONT)

F TO BOND THE INITIAL CORE TO THE REPAIR CORE MATING SURFACES, USE ONE OF THE ADHESIVES THAT FOLLOWS:

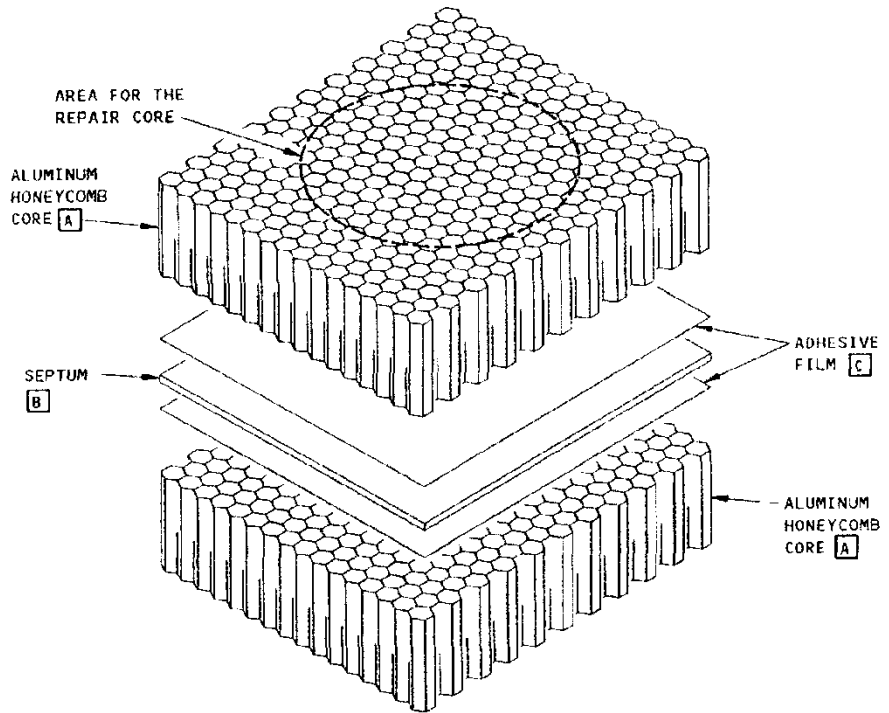
- BMS 5-28, TYPE VI OR TYPE VII, POTTING COMPOUND
- BMS 5-90, TYPE III, CLASS 250, GRADE 50 OR 100 FOAMING ADHESIVE.
- BMS 5-92, BMS 5-109 OR BMS 5-141, TWO-PART ADHESIVE

REFER TO GENERAL REPAIR SECTION FOR THE ADHESIVE CURE DATA.

G ADHESIVE FILM IS SHOWN. APPLY A L BMS 5-101, TYPE II, GRADE 10 OR 15 ADHESIVE. REFER TO GENERAL REPAIR TABLE II FOR THE ADHESIVE CURE DATA

H USE THE SAME THICKNESS, THE SAME BOEING MATERIAL SPECIFICATION (BMS (OR THE EQUIVALENT)), AND THE SAME HEAT TREAT AS THE INITIAL SKIN.

I REFER TO FIGURE 4, FOR THE MATERIAL THICKNESS AND OVERLAP OF THE INTER REPAIR DOUBLERS.



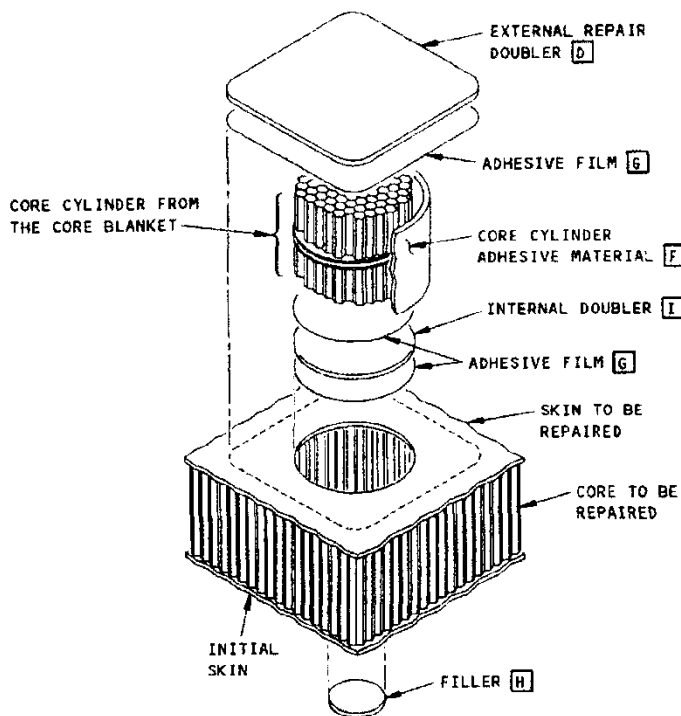
LAYOUT OF THE ALUMINUM CORE BLANKET
DETAIL I

Repair 10 - Bonded Doubler Repair That Uses Two Cores of Equal Depth and an Internal Septum for Full Depth Core Replacement
Figure 19 (Sheet 5)

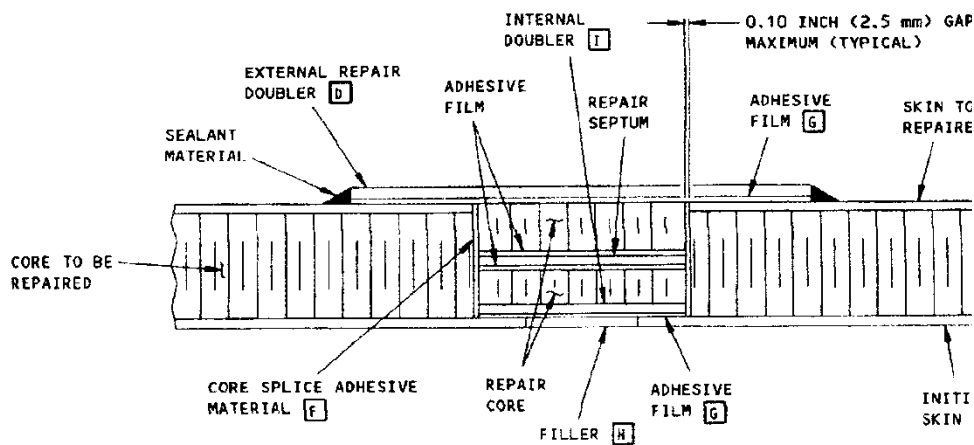
ANEXO E	BOEING 727 SRM 51-40-20 REPAIR DOUBLER SPECIFICATIONS FOR FLUSH REPAIRS	6 de 7
----------------	--	---------------



STRUCTURAL REPAIR



LAYOUT OF THE REPAIR PARTS FOR DAMAGE TO FULL DEPTH CORE AND BOTH ALUMINUM SKINS
DETAIL II



SECTION THROUGH THE CENTER OF THE REPAIR AREA

Repair 10 - Bonded Doubler Repair That Uses Two Cores of Equal Depth and an Internal Septum for Full Depth Core Replacement
Figure 19 (Sheet 6)

L69592

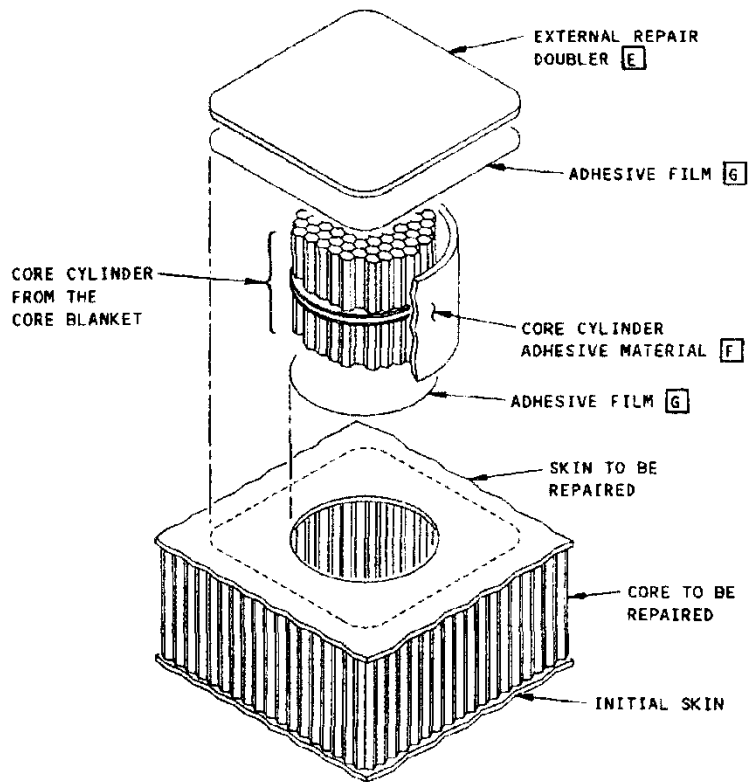
727 SRM
Nov 25/00

BOEING PROPRIETARY - Copyright © - Unpublished Work - See title page for details.

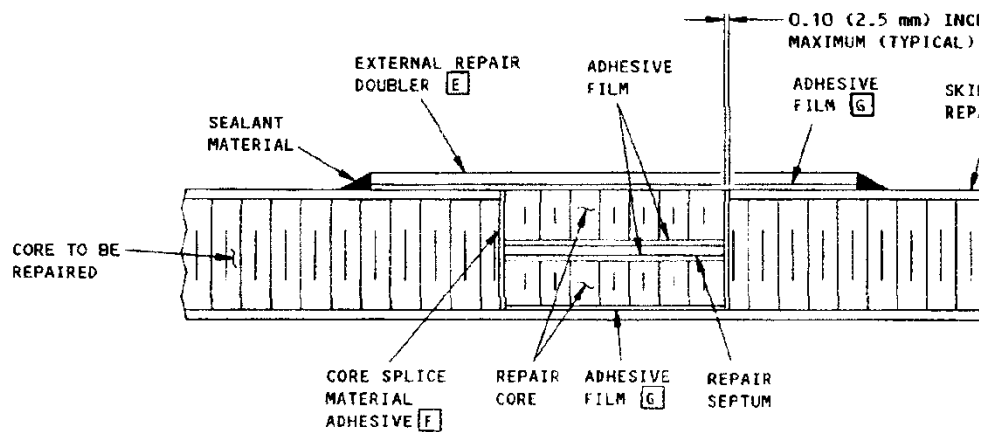
ANEXO E	BOEING 727 SRM 51-40-20 REPAIR DOUBLER SPECIFICATIONS FOR FLUSH REPAIRS	7 de 7
----------------	--	---------------



STRUCTURAL REPAIR



LAYOUT OF THE REPAIR PARTS FOR DAMAGE TO FULL DEPTH CORE AND ONE SKIN
 DETAIL III



SECTION THROUGH THE CENTER OF THE REPAIR AREA

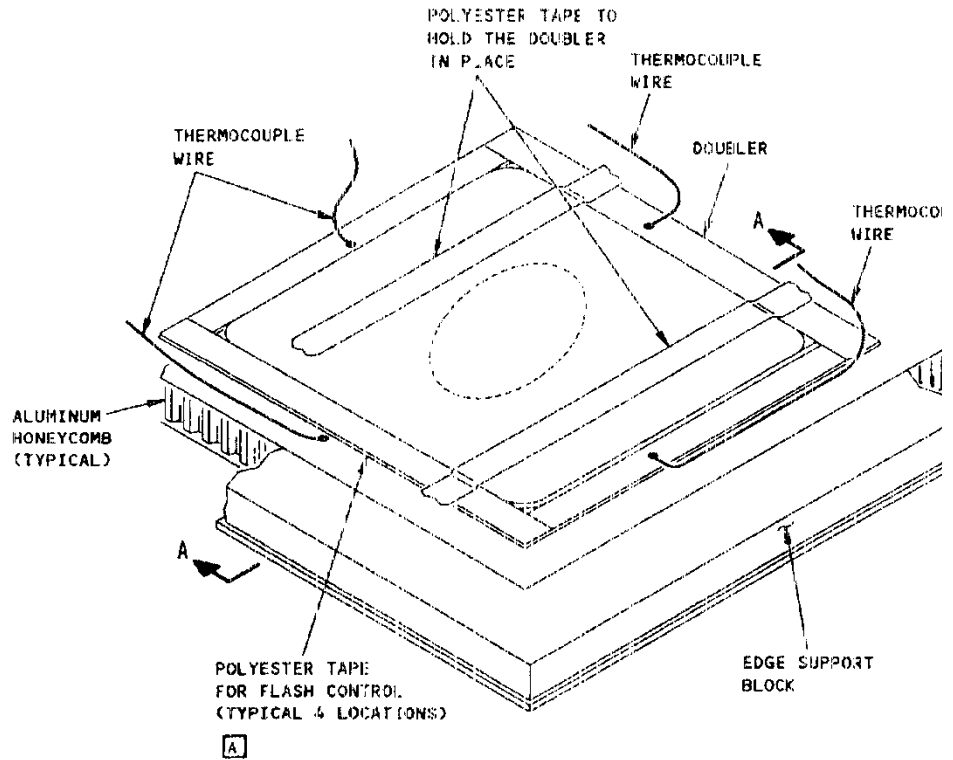
Repair 10 - Bonded Doubler Repair That Uses Two Cores of Equal Depth and an Internal Septum for Full Depth Core Replacement
 Figure 19 (Sheet 7)

ANEXO “F”

INSTALLATION OF THE DOUBLER



STRUCTURAL REPAIR



NOTES

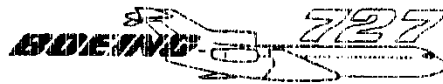
A APPLY FLASH CONTROL TAPE IN AREAS THAT REQUIRE A CLOSE TOLERANCE FIT-UP. DO NOT SEAL THE EDGES OF THE PANEL.

IF YOU SEAL THE EDGES OF THE PANEL, IT CAN PREVENT THE FLOW OF THE ADHESIVE MATERIAL AND THE REMOVAL OF AIR DURING THE FINAL STAGE OF THE CURE.

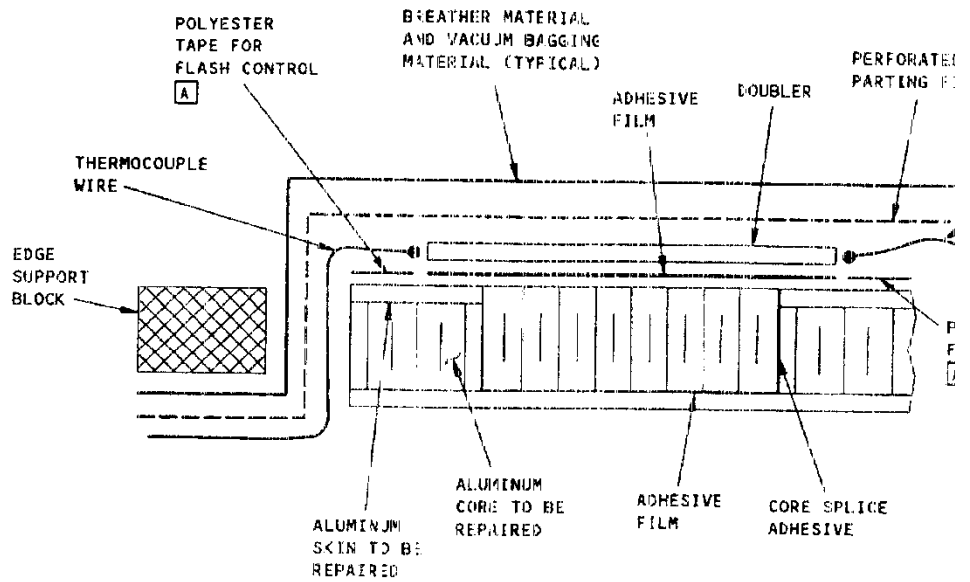
APPLY LESS THAN 25 PERCENT OF THE EDGE LENGTH OF THE REPAIR DOUBLER WITH FLASH CONTROL TAPE.

MAKE SURE THAT THERE IS SUFFICIENT PERFORATED FEP PARTING FILM AND BREATHER MATERIAL TO CONFORM TO THE CONTOUR OF THE PART.

Installation of the Doubler
Figure 7 (Sheet 1)



STRUCTURAL REPAIR



SECTION A-A

Installation of the Doubler
Figure 7 (Sheet 2)

727 SRM
Nov 25/00

ANEXO “G”

DATOS TÉCNICOS DE LOS COMPONENTES MÁS IMPORTANTES

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES	6
----------------	--------------------------------------	----------

	IMPORTANTES	de 8
--	--------------------	-----------------

AD594/AD595

of R3 should be approximately 280 k Ω . The final connection diagram is shown in Figure 7. An approximate verification of the effectiveness of recalibration is to measure the differential gain to the output. For type E it should be 164.2.

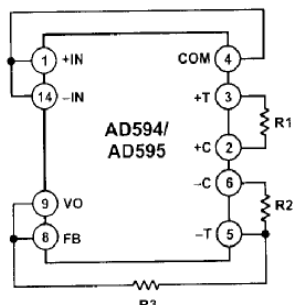


Figure 7. Type E Recalibration

When implementing a similar recalibration procedure for the AD595 the values for R1, R2, R3 and r will be approximately 650 Ω , 84 k Ω , 93 k Ω and 1.51, respectively. Power consumption will increase by about 50% when using the AD595 with type E inputs.

Note that during this procedure it is crucial to maintain the AD594/AD595 at a stable temperature because it is used as the temperature reference. Contact with fingers or any tools not at ambient temperature will quickly produce errors. Radiational heating from a change in lighting or approach of a soldering iron must also be guarded against.

USING TYPE T THERMOCOUPLES WITH THE AD595

Because of the similarity of thermal EMFs in the 0°C to +50°C range between type K and type T thermocouples, the AD595 can be directly used with both types of inputs. Within this ambient temperature range the AD595 should exhibit no more than an additional 0.2°C output calibration error when used with type T inputs. The error arises because the ice point compensator is trimmed to type K characteristics at 25°C. To calculate the AD595 output values over the recommended -200°C to +350°C range for type T thermocouples, simply use the ANSI thermocouple voltages referred to 0°C and the output equation given on page 2 for the AD595. Because of the relatively large nonlinearities associated with type T thermocouples the output will deviate widely from the nominal 10 mV/°C. However, cold junction compensation over the rated 0°C to +50°C ambient will remain accurate.

STABILITY OVER TEMPERATURE

Each AD594/AD595 is tested for error over temperature with the measuring thermocouple at 0°C. The combined effects of cold junction compensation error, amplifier offset drift and gain error determine the stability of the AD594/AD595 output over the rated ambient temperature range. Figure 8 shows an AD594/AD595 drift error envelope. The slope of this figure has units of °C/°C.

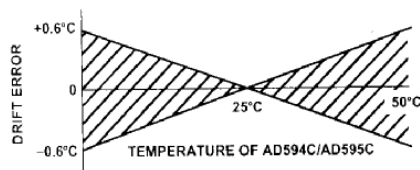


Figure 8. Drift Error vs. Temperature

THERMAL ENVIRONMENT EFFECTS

The inherent low power dissipation of the AD594/AD595 and the low thermal resistance of the package make errors almost negligible. For example, in still ambient thermal resistance is about 80°C/watt (for AD594). At the nominal dissipation of 800 μ W the self-heating is less than 0.065°C. Submerged in fluorinert the thermal resistance is about 40°C/watt, resulting in a heating error of about 0.032°C.

SETPOINT CONTROLLER

The AD594/AD595 can readily be connected to a setpoint controller as shown in Figure 9.

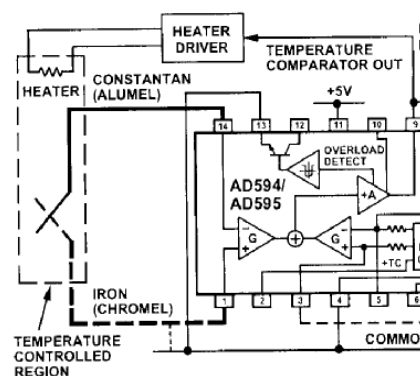
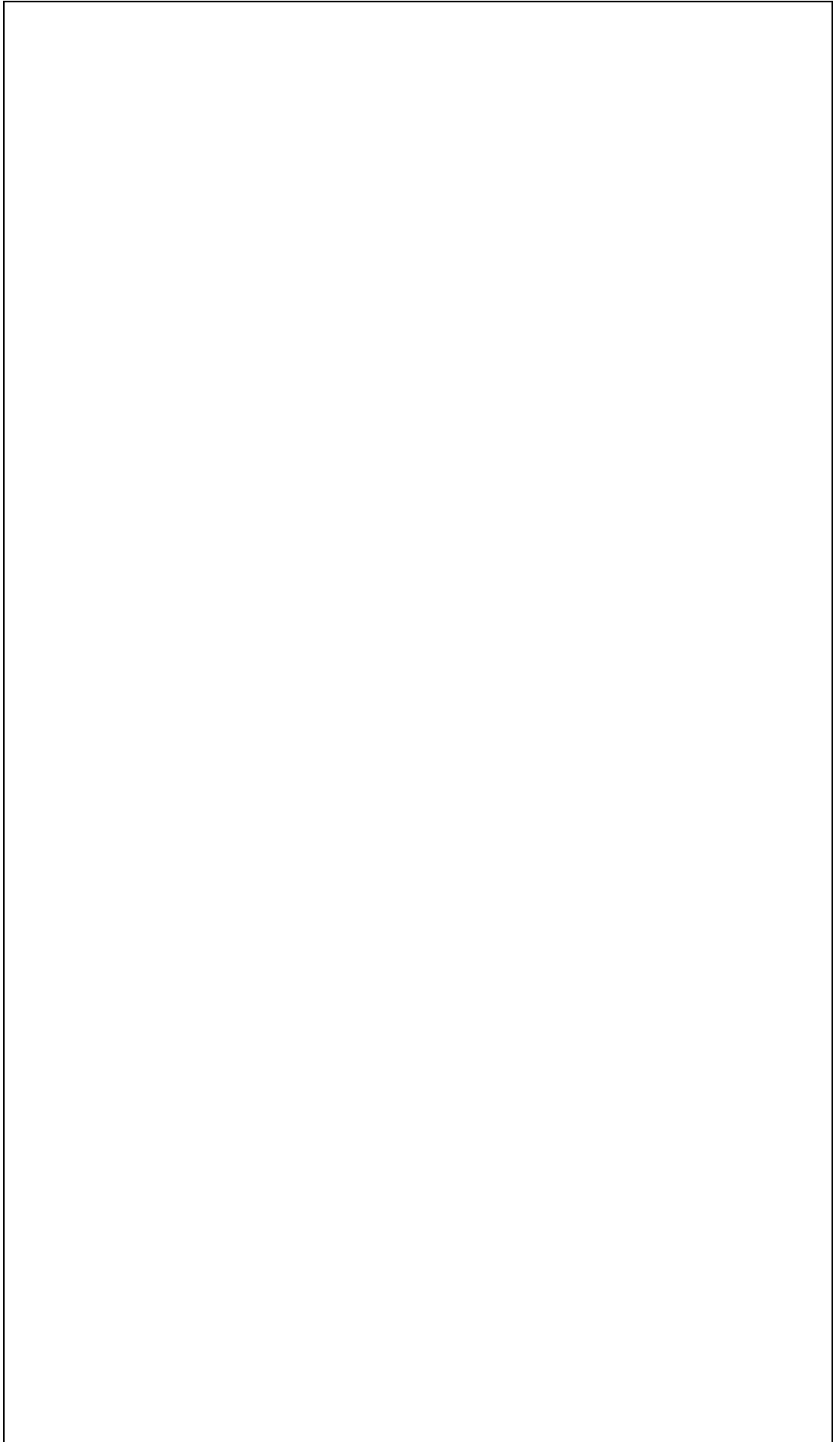


Figure 9. Setpoint Control

The thermocouple is used to sense the unknown temperature and provide a thermal EMF to the input of the AD594/AD595. The signal is cold junction compensated, amplified, and compared to an external setpoint voltage user to the feedback at Pin 8. Table I lists the relationship between setpoint voltage and temperature, accounting for the nonlinearity of the measurement thermocouple. The temperature range is within the operating range (+125°C) of the AD594/AD595, the chip can be used as a transducer for the circuit by shorting the input to the feedback at Pin 8, utilizing the nominal calibration of 10 mV/°C grade thermometer configuration as shown in Figure 9.

In operation if the setpoint voltage is above the temperature being measured, the output will respond to the temperature being measured and will be low to approximately zero volts. Conversely, if the temperature rises above the setpoint voltage the output will rise to the positive limit of about 4 volts with a +5V supply. Figure 9 shows the setpoint comparator configuration for a heater element driver circuit being controlled by the AD594/AD595 toggled output. Hysteresis can be introduced by connecting a current limiting resistor into the positive input of the feedback when the output is toggled high. With an AD594, a 20 M Ω resistor connected to the +T terminal provides 1°C of hysteresis. With a 5V supply with an AD594, a 20 M Ω resistor connected to the +T will supply the 200 nA of current when the output is high (about 4V). To widen the hysteresis, a resistor can be connected from VO to +T.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	7 de 8
----------------	--	-----------------------



ALARM CIRCUIT

In all applications of the AD594/AD595 the -ALM connection, Pin 13, should be constrained so that it is not more positive than $(V+) - 4\text{ V}$. This can be most easily achieved by connecting Pin 13 to either common at Pin 4 or $V-$ at Pin 7. For most applications that use the alarm signal, Pin 13 will be grounded and the signal will be taken from +ALM on Pin 12. A typical application is shown in Figure 10.

In this configuration the alarm transistor will be off in normal operation and the 20 k pull up will cause the +ALM output on Pin 12 to go high. If one or both of the thermocouple leads are interrupted, the +ALM pin will be driven low. As shown in Figure 10 this signal is compatible with the input of a TTL gate which can be used as a buffer and/or inverter.

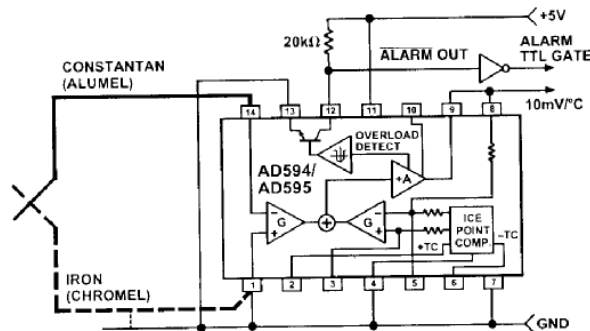


Figure 10. Using the Alarm to Drive a TTL Gate ("Grounded" Emitter Configuration)

Since the alarm is a high level output it may be used to directly drive an LED or other indicator as shown in Figure 11.

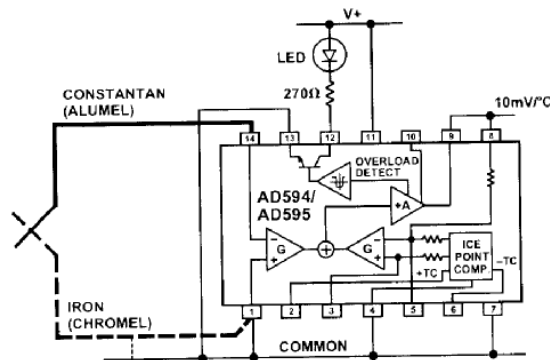


Figure 11. Alarm Directly Drives LED

A 270 Ω series resistor will limit current in the LED to 10 mA, but may be omitted since the alarm output transistor is current limited at about 20 mA. The transistor, however, will operate in a high dissipation mode and the temperature of the circuit will rise well above ambient. Note that the cold junction compensation will be affected whenever the alarm circuit is activated. The time required for the chip to return to ambient temperature will depend on the power dissipation of the alarm circuit, the nature of the thermal path to the environment and the alarm duration.

The alarm can be used with both single and double ended thermocouples. The output transistor can be used in either configuration. As an example a negative relay driven from -ALM as shown in Figure 12

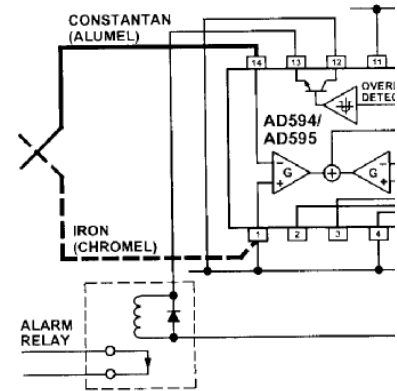


Figure 12. -ALM Driving A Negative Relay

The collector (+ALM) should not be allowed to become more positive than $(V-) + 36\text{ V}$, however, it may be constrained so that it does not become more than 0.5 volts below the $V+$ applied to the circuit.

Additionally, the AD594/AD595 can be configured to provide an extreme upscale or downscale output. An extra signal line for an alarm is inapplicable if the thermocouple inputs to common ground conditions can be automatically avoided. The -ALM connection creates a downscale output if the -IN pin is connected to common while connecting -IN to common provides a downscale output.

CELSIUS THERMOMETER

The AD594/AD595 may be configured as a Celsius thermometer as shown in Figure 13.

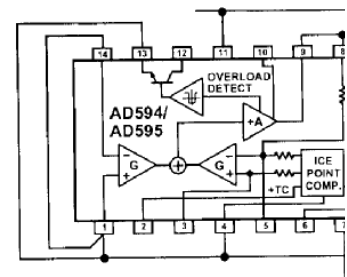


Figure 13. AD594/AD595 as a Star Thermometer

Simply omit the thermocouple and connect pins 1 and 14) to common. The output now will be a linear voltage and hence will indicate the temperature with a scale factor of 10 mV/°C. The AD595 will operate over the full military temperature range.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	8 de 8
----------------	--	-----------------------

AD594/AD595

THERMOCOUPLE BASICS

Thermocouples are economical and rugged; they have reasonably good long-term stability. Because of their small size, they respond quickly and are good choices where fast response is important. They function over temperature ranges from cryogenics to jet-engine exhaust and have reasonable linearity and accuracy.

Because the number of free electrons in a piece of metal depends on both temperature and composition of the metal, two pieces of dissimilar metal in isothermal and contact will exhibit a potential difference that is a repeatable function of temperature, as shown in Figure 14. The resulting voltage depends on the temperatures, T1 and T2, in a repeatable way.

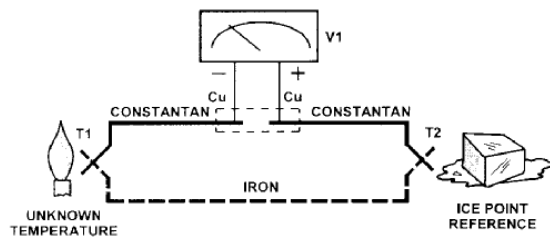


Figure 14. Thermocouple Voltage with 0°C Reference

Since the thermocouple is basically a differential rather than absolute measuring device, a known reference temperature is required for one of the junctions if the temperature of the other is to be inferred from the output voltage. Thermocouples made of specially selected materials have been exhaustively characterized in terms of voltage versus temperature compared to primary temperature standards. Most notably the water-ice point of 0°C is used for tables of standard thermocouple performance.

An alternative measurement technique, illustrated in Figure 15, is used in most practical applications where accuracy requirements do not warrant maintenance of primary standards. The reference junction temperature is allowed to change with the environment of the measurement system, but it is carefully measured by some type of absolute thermometer. A measurement of the thermocouple voltage combined with a knowledge of the reference temperature can be used to calculate the measurement junction temperature. Usual practice, however, is to use a convenient thermoelectric method to measure the reference temperature

and to arrange its output voltage so that it compensates the thermocouple referred to 0°C. This voltage is subtracted from the thermocouple voltage and the sum then compared to a standard voltage tabulated for an ice-point reference.

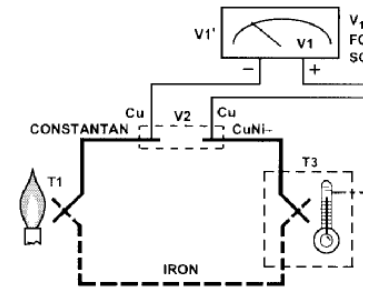


Figure 15. Substitution of Measurement Temperature for Ice Point Reference

The temperature sensitivity of silicon integrators is quite predictable and repeatable. This is exploited in the AD594/AD595 to produce a compensated voltage to compensate the reference of the thermocouple as shown in Figure 16.

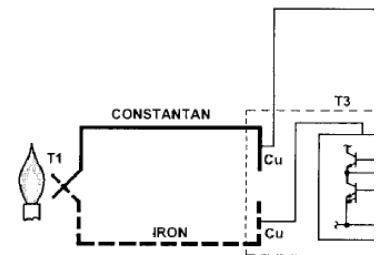


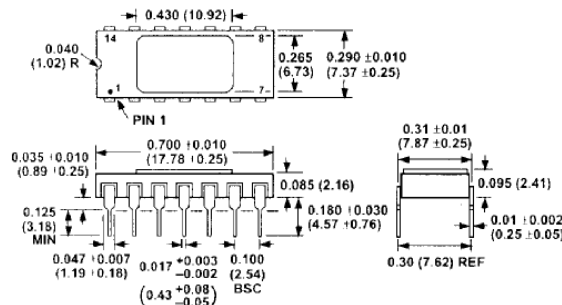
Figure 16. Connecting Isothermally

Since the compensation is at the reference junction, it is often convenient to form the reference junction directly to the circuit wiring. So long as the measurement and the compensation are at the same temperature, the result is accurate.

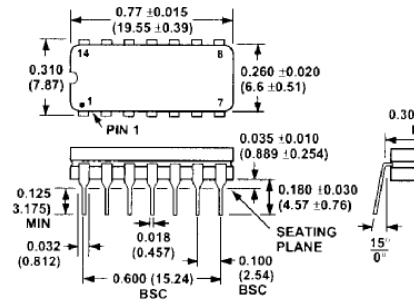
OUTLINE DIMENSIONS

Dimensions shown in inches and (mm).

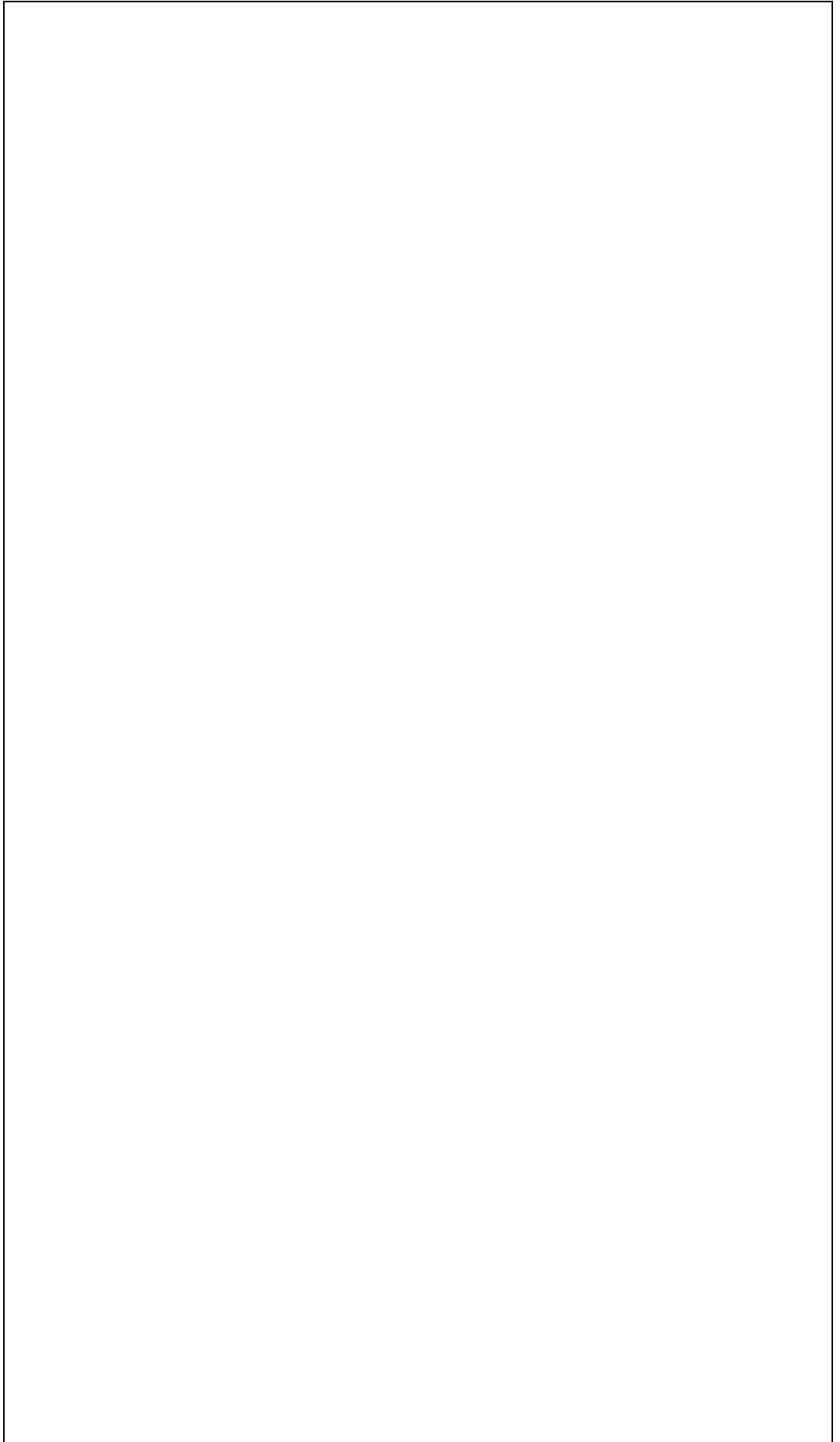
TO-116 (D) Package



Cerdip (Q) Package



ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	1 de 8
----------------	--	-----------------------



USER GUIDE

NI USB-6008/6009 OEM

This document provides information about the dimensions, components, and other components of the National Instruments USB-6008/6009 OEM device. For more information about the device, refer to the *User Guide and Specifications* document available at ni.com.



Caution There are no product safety, electromagnetic compatibility (EMC), or CE marking compliance claims made for the NI USB-6008/6009 OEM device.

The NI USB-6008/6009 OEM device is intended to be used as a component in a system. National Instruments can help developers meet their compliance requirements. The end product supplier, however, is responsible for conforming to any and all applicable requirements.

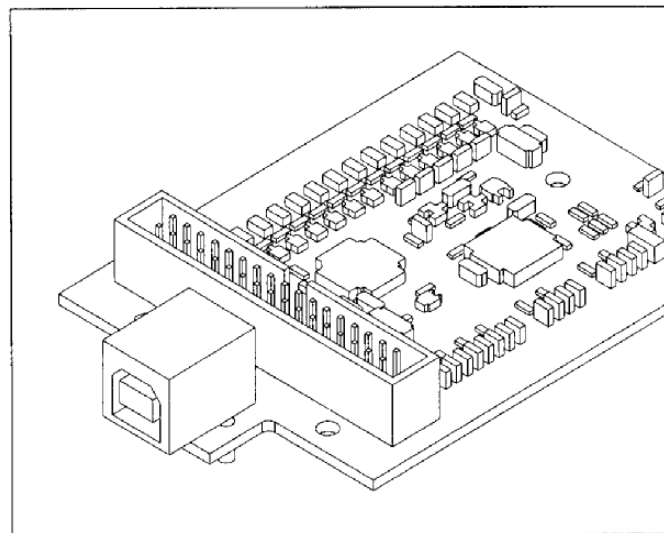


Figure 1. USB-6008/6009 OEM Device



ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	1 de 8
----------------	--	-----------------------

Dimensions

Figure 2 shows the USB-6008/6009 OEM device dimension

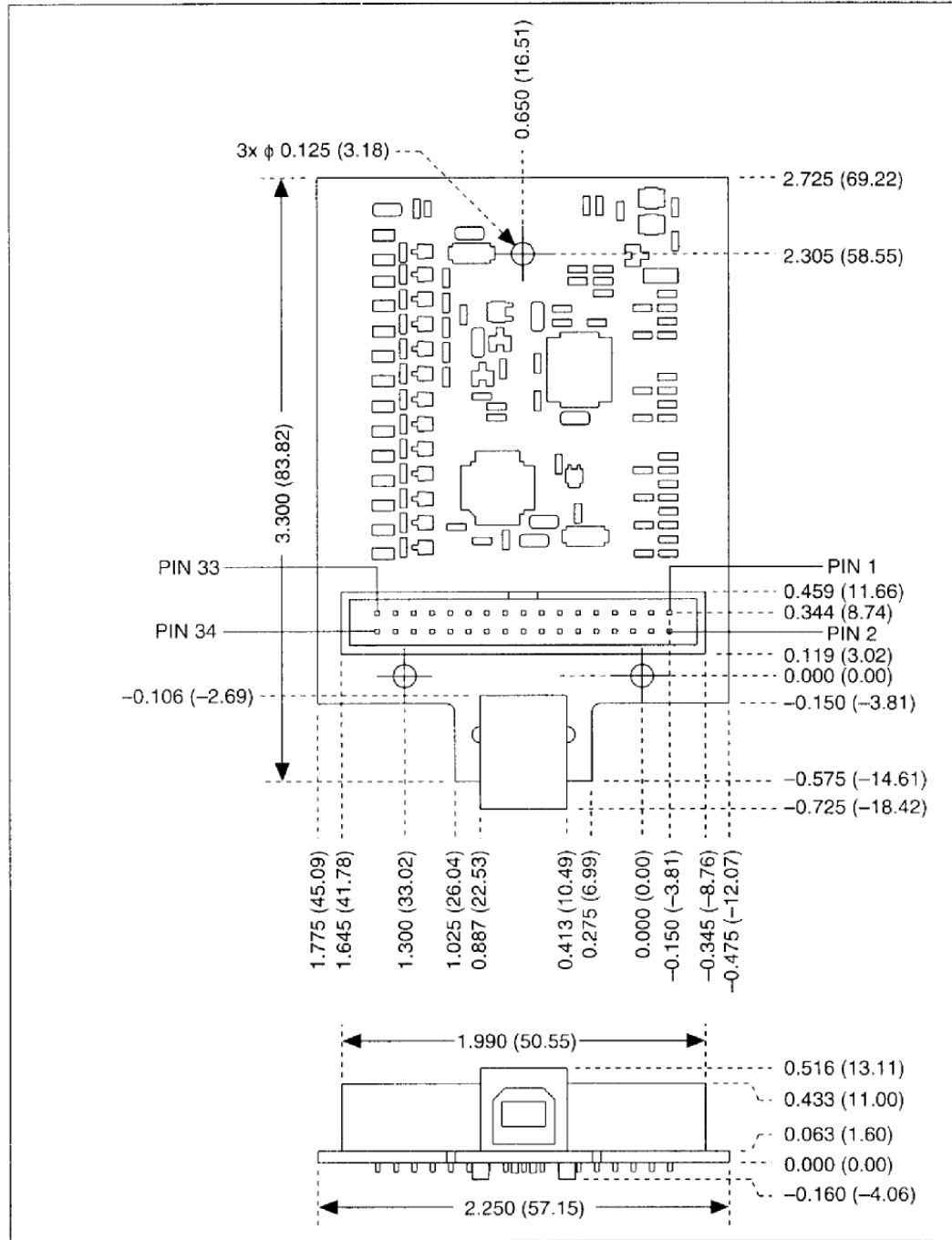
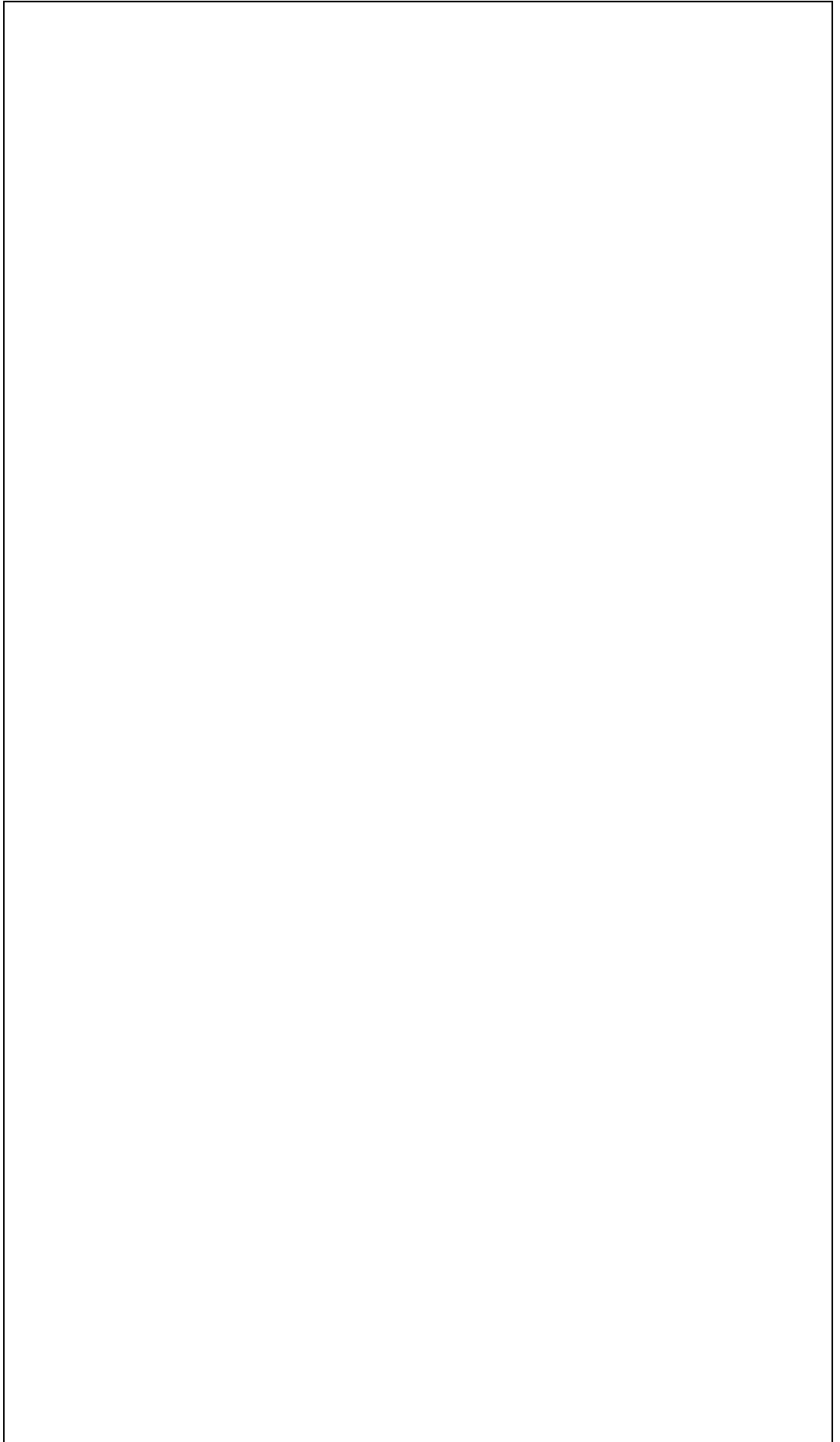


Figure 2. USB-6008/6009 OEM Device Dimensions in Inches (Millime

ANEXO AG	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	1 de 8
-----------------	--	-----------------------



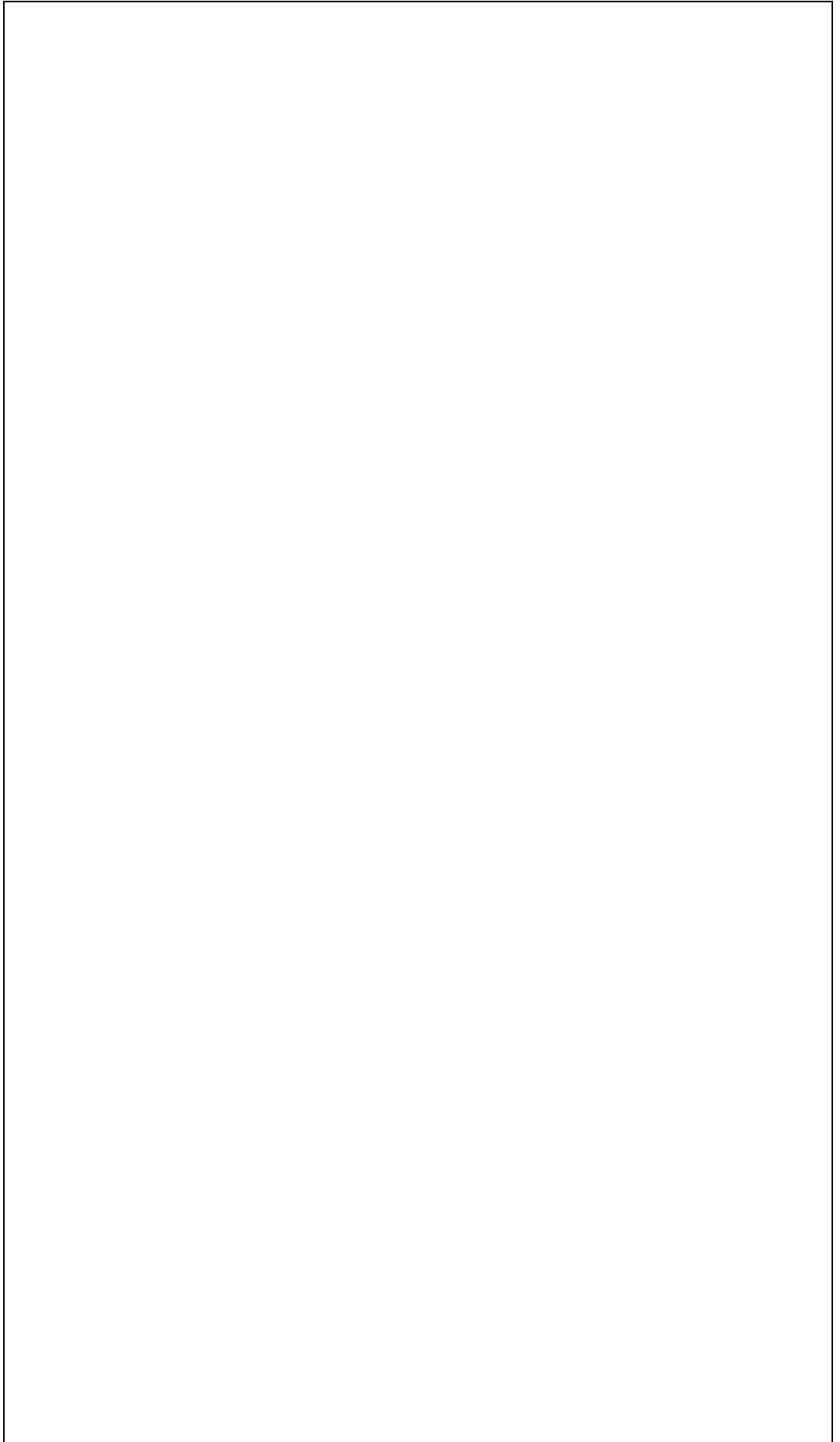
I/O Connector

Figure 3 shows the USB-6008/6009 OEM device I/O connector. AI signal names are shown in single-ended mode. Differential signal names are in parentheses.

+5 V	34	33	PFI 0
D GND	32	31	P1.3
P1.2	30	29	P1.1
P1.0	28	27	P0.7
P0.6	26	25	P0.5
P0.4	24	23	P0.3
P0.2	22	21	P0.1
P0.0	20	19	D GND
LED	18	17	D+
VBUS	16	15	D-
AI GND	14	13	AI GND
AI 4 (AI 0-)	12	11	AI 0 (AI 0+)
AI 5 (AI 1-)	10	9	AI 1 (AI 1+)
AI 6 (AI 2-)	8	7	AI 2 (AI 2+)
AI 7 (AI 3-)	6	5	AI 3 (AI 3+)
AI GND	4	3	AI GND
AO 1	2	1	AO 0

Figure 3. USB-6008/6009 OEM Terminal Assignments

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	1 de 8
----------------	--	-----------------------



Signal Descriptions

Most of the signals available on the I/O connector are described in the *USB-6008/6009 User Guide and Specifications* document available for download at ni.com/manuals. Table 1 describes additional signals on the I/O connector of the OEM devices.



Note The +2.5 V signal is not available on the USB-6008/6009 OEM device.

Table 1. Signal Descriptions

Signal Name	Reference	Direction	Description
VBUS	GND	Input	USB Power
D+, D-	GND	Input/Output	USB Data
LED	GND	Output	Status LED Driver

For more information about USB signals, refer to the *Universal USB Specification* accessible at www.usb.org.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	1 de 8
----------------	--	-----------------------

Using the 34-Pin Connector with a Board Mount S

The USB-6008/6009 OEM device can be mounted to a motherboard using the 34-pin connector, as shown in Figure 4 and Figure 5.

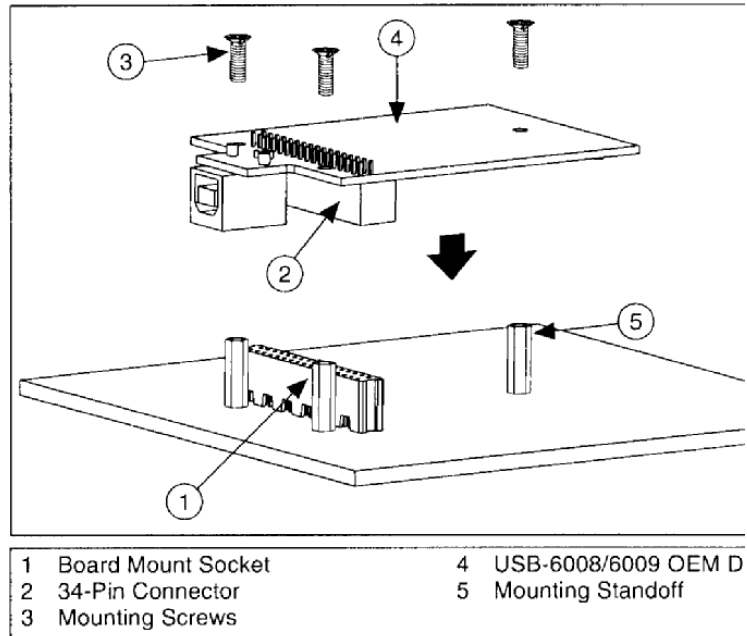


Figure 4. Mounting Using a 34-Pin Connector



Note Refer to the *Device Components* section for more information about the device components.

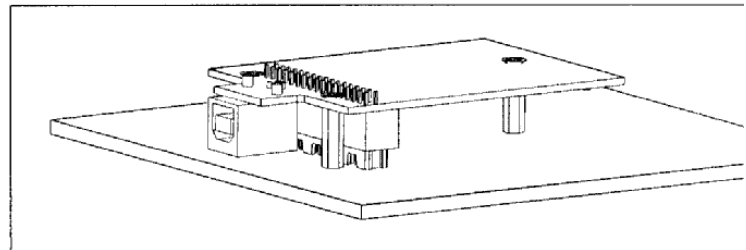


Figure 5. USB Device Installed on Motherboard

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	1 de 8
----------------	--	-----------------------

Connecting to USB

You can use the USB connector on the USB-6008/6009 OEM device to connect to the USB host. In this case, leave the D+ and D- signals (34-pin connector) and VBUS unconnected. If +5 V is needed, supply it from the 34-pin connector.

You can also use a USB connector on your motherboard to connect the USB-6008/6009 OEM device to the USB host through the 34-pin connector. In this case, do not connect to the USB connector on the USB-6008/6009 OEM device.

Using the Status LED Driver

The LED signal indicates the device status as described in Table 2. The collector driver drives the LED signal. For applications that use the LED signal, connect a 4.7 k Ω resistor from the LED signal to the +5 V supply.

Table 2. Device Status/LED Signal Behavior

Device Status	LED Signal Behavior
USB device enumerated, configured and not suspended	Square wave with frequency of 2 Hz
USB device is not enumerated, not configured, or is suspended	Not driven (pulled up)

Two possible uses of the LED signal are as follows:

- To drive an LED to give a visual indication that the device is active.
- To drive a watchdog timer circuit that monitors the device status.

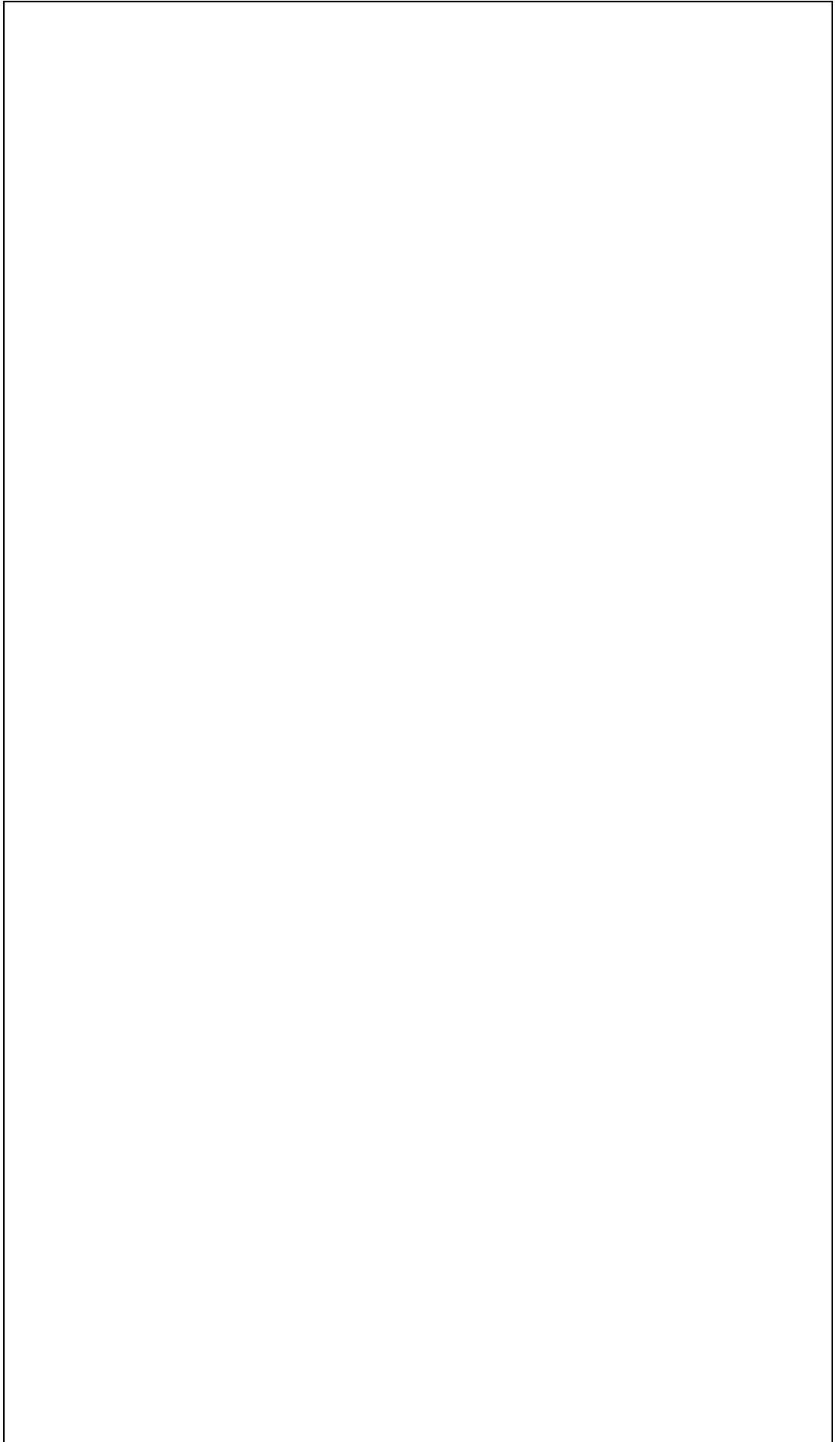
Electrical Characteristics

Table 3 lists the LED electrical characteristics.

Table 3. Electrical Characteristics

Parameter	Conditions	Min	Typ
LED Output Low Voltage	$I_{OL} = 8.5 \text{ mA}$	—	—
	$I_{OL} = 10 \mu\text{A}$	—	—
	$I_{OL} = 25 \text{ mA}$	—	1.0 V

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	1 de 8
----------------	--	-----------------------



Device Components

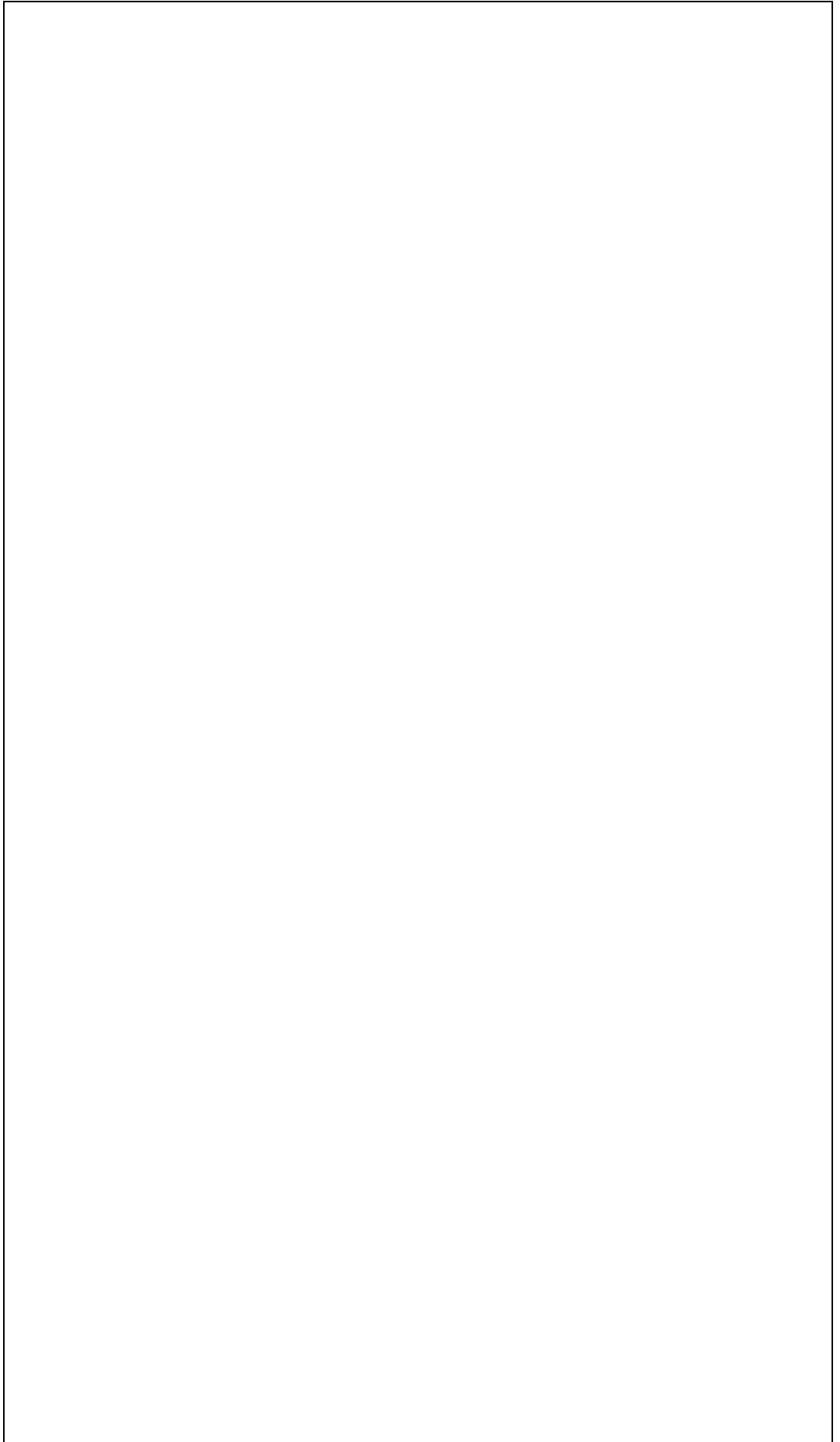
Table 4 lists the components used for interfacing and interconnecting the NI USB-6008/6009 OEM device.

Table 4. NI USB-6008/6009 OEM Device Components

Component		Reference Designator(s) on PCB	Manufacturer	Manufacturer Part Number	Sp
USB connector		J002	AMP	787780-1	
USB cable, 2 m		—	NI	184125-02	
34-pin connector		J004	3M	N2534-6002RB	
34-pin mating connector		—	3M	8534-4500JL (or equivalent)	
Mounting Standoff*	Using 34-pin board mount socket	—	NI	745798-01	3/16 female 14 pin
	Using ribbon cable	—	NI	745830-01	3/16 female 1/4 inch
Screw		—	—	—	M3 x 4-4

* To order, contact NI.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	1 de 8
----------------	--	-----------------------



USB-6008/6009 OEM Device Specifications

Most specifications of the USB-6008/6009 OEM device are listed in the *USB-6008/6009 User Guide and Specifications* document at ni.com/manuals. The following sections contain exceptions to specifications:

External Voltage

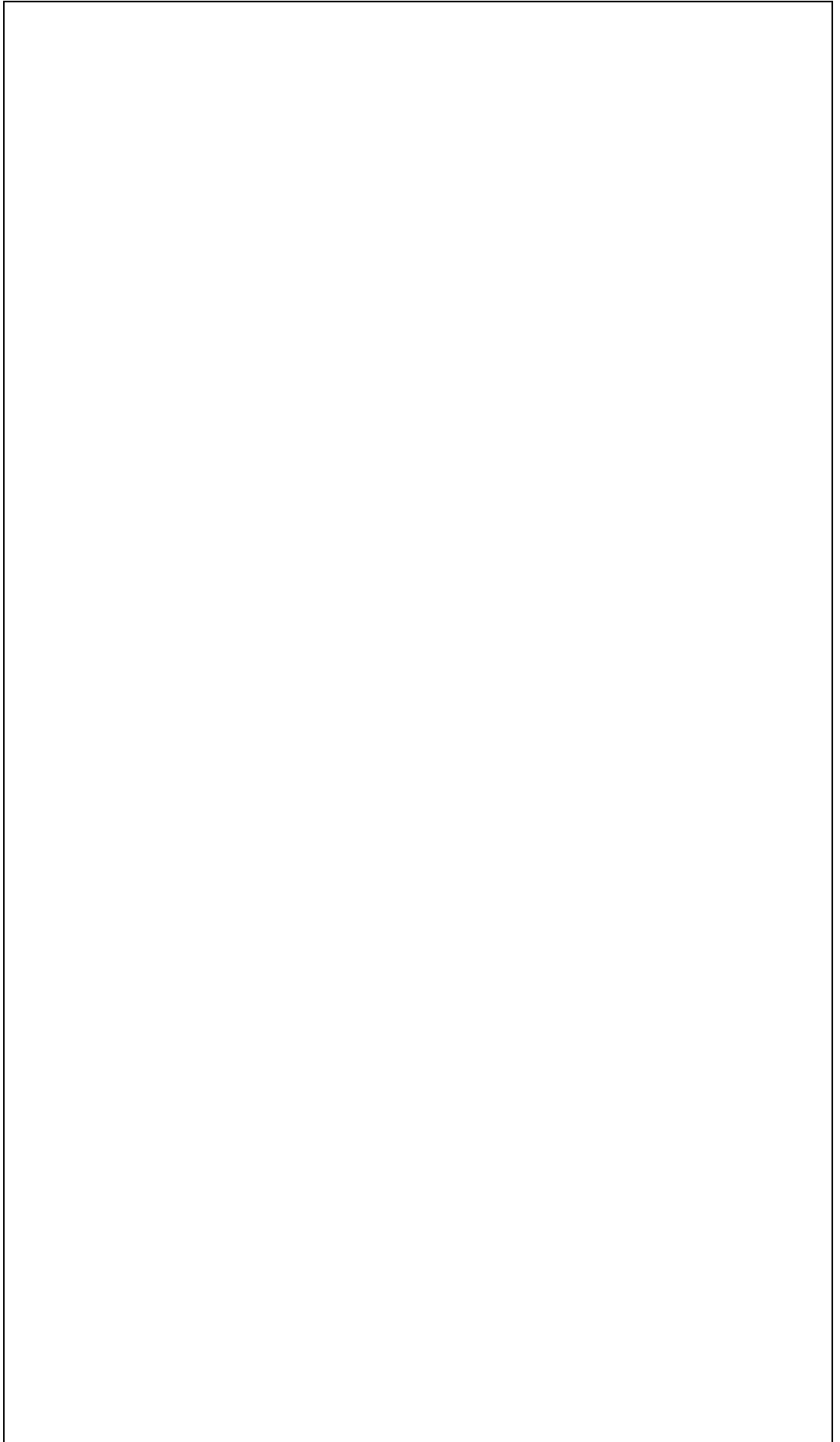


Note 2.5 V output is not available.

Physical Characteristics

Dimensions	8.76 cm × 5.72 cm × (3.45 in. × 2.25 in. ×
I/O connector	3M, 4-wall header (part number: N2534
Weight	1 oz

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	1 de 8
----------------	--	-----------------------



Where to Go for Support

The National Instruments Web site is your complete resource for support. At ni.com/support you have access to everything from troubleshooting and application development self-help resources to and phone assistance from NI Application Engineers.

National Instruments corporate headquarters is located at 11500 North Mopac Expressway, Austin, Texas, 78759-3100. National Instruments also has offices located around the world. To address your support needs. For telephone support in the United States, create your service request at ni.com/support and follow the instructions or dial 512 795 8248. For telephone support outside the United States, contact your local branch office:

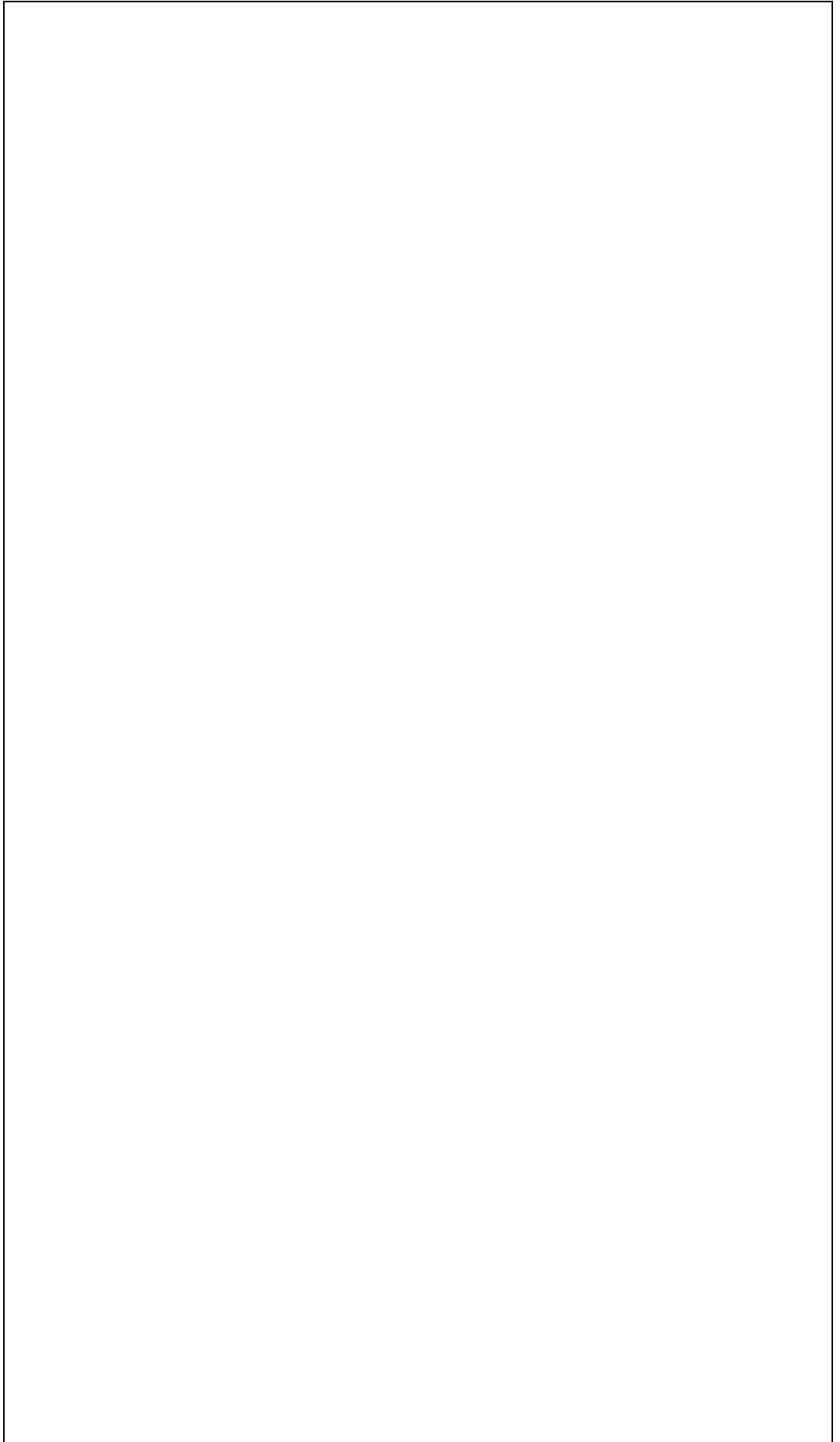
Australia 1800 300 800, Austria 43 0 662 45 79 90 0,
Belgium 32 0 2 757 00 20, Brazil 55 11 3262 3599,
Canada 800 433 3488, China 86 21 6555 7838,
Czech Republic 420 224 235 774, Denmark 45 45 76 26 26,
Finland 385 0 9 725 725 11, France 33 0 1 48 14 24 24,
Germany 49 0 89 741 31 30, India 91 80 41190000,
Israel 972 0 3 6393737, Italy 39 02 413091, Japan 81 3 5 5 5 5,
Korea 82 02 3451 3400, Lebanon 961 0 1 33 28 28,
Malaysia 1800 887710, Mexico 01 800 010 0793,
Netherlands 31 0 348 433 466, New Zealand 0800 553 3 3 3,
Norway 47 0 66 90 76 60, Poland 48 22 3390150,
Portugal 351 210 311 210, Russia 7 095 783 68 51,
Singapore 1800 226 5886, Slovenia 386 3 425 4200,
South Africa 27 0 11 805 8197, Spain 34 91 640 0085,
Sweden 46 0 8 587 895 00, Switzerland 41 56 200 51 51,
Taiwan 886 02 2377 2222, Thailand 662 278 6777,
United Kingdom 44 0 1635 523545

National Instruments, NI, ni.com, and LabVIEW are trademarks of National Instruments Corporation. Refer to the *Terms of Use* section on ni.com/legal for more information about National Instruments trademarks. Other product and company names mentioned herein are trademarks or trade names of their respective companies. For patents covering National Instruments products, refer to the appropriate location: **Help»Patents** in your software, the `patents.txt` file on your CD, or ni.com/patents.

© 2005–2006 National Instruments Corporation. All rights reserved.

371728B-C

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	1 de 16
----------------	--	------------------------

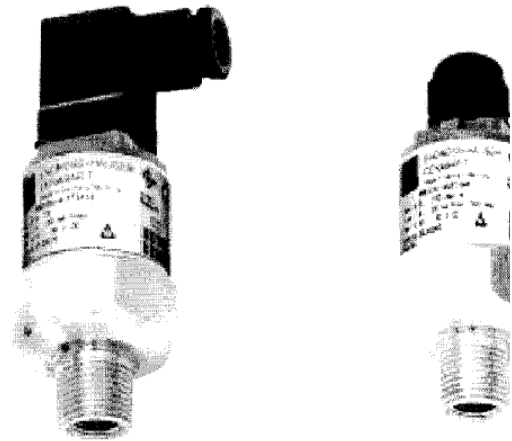


Technical
Information
TI 279P/24/ae



Pressure Transmitter *cerabar T PMC 131*

Low cost pressure transmitter with ceramic sensor for absolute and gauge measurement



Applications

The Cerabar T pressure transmitter is suitable for a wide variety of industrial pressure applications including liquids, gases and vapors. It is a compact, economical system that provides measurement in gauge or absolute pressures from full vacuum to 500 psig.

Features and Benefits

- Safe operation with the proven capacitive ceramic sensor
- Low cost compact pressure sensor
- Extremely stable and resistant to overload
- Simple to install, calibration not required

Mounting Simple

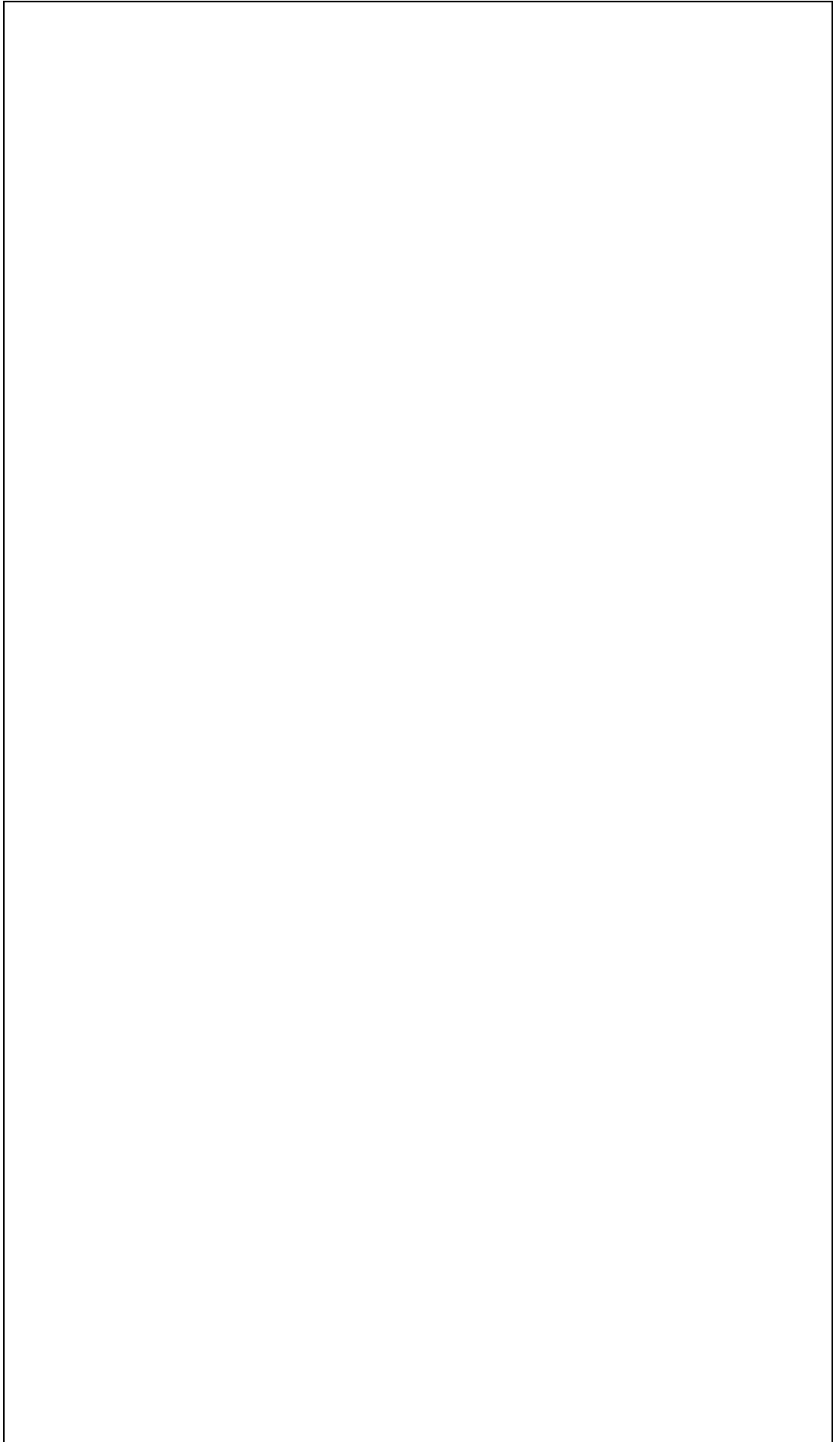
The Cerabar T can be mounted in any orientation (vertical or inverted) without any special precautions.

- 1/2" MNPT x 1/4" connection, 304 stainless steel
- 4 to 20 mA output
- 11 to 30 VDC input

Endress + Haus

The Power of Know How

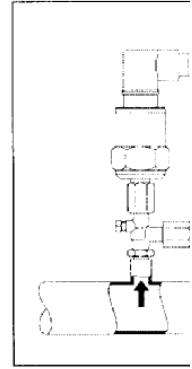
ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	2 de 16
----------------	--	------------------------



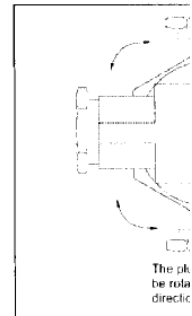
Measuring System

The Cerabar T is a self-contained unit that is connected to a 11 to 30 VDC power supply. The 4 to 20 mA output provides a reliable signal for pressure measurement over the specified range of the sensor.

The sensor can be mounted in any orientation which provides ease of installation into existing process lines. It is recommended to use shut-off valves and pigtails, depending on the application.



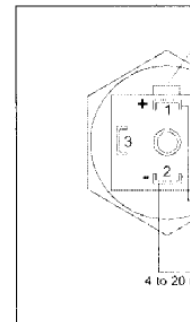
The Cerabar T can be specified with a plug-in housing that can be rotated through 90° or with permanently attached 15 foot cable.



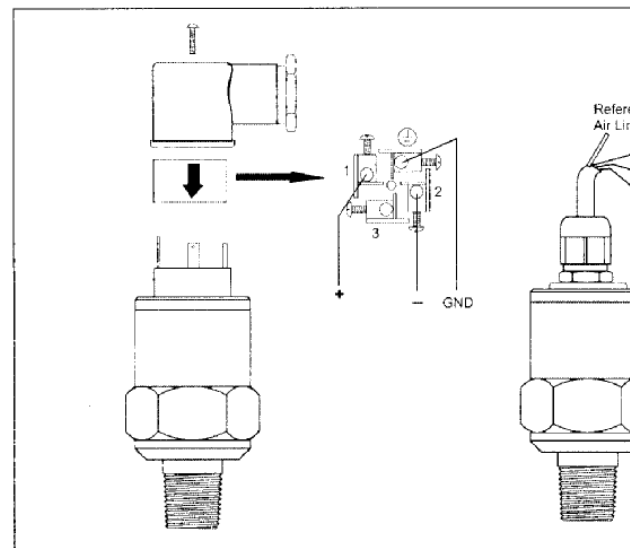
Zero Point Shift

The zero point can be adjusted $\pm 5\%$ using the potentiometer located beneath the screw of the plug-in module.

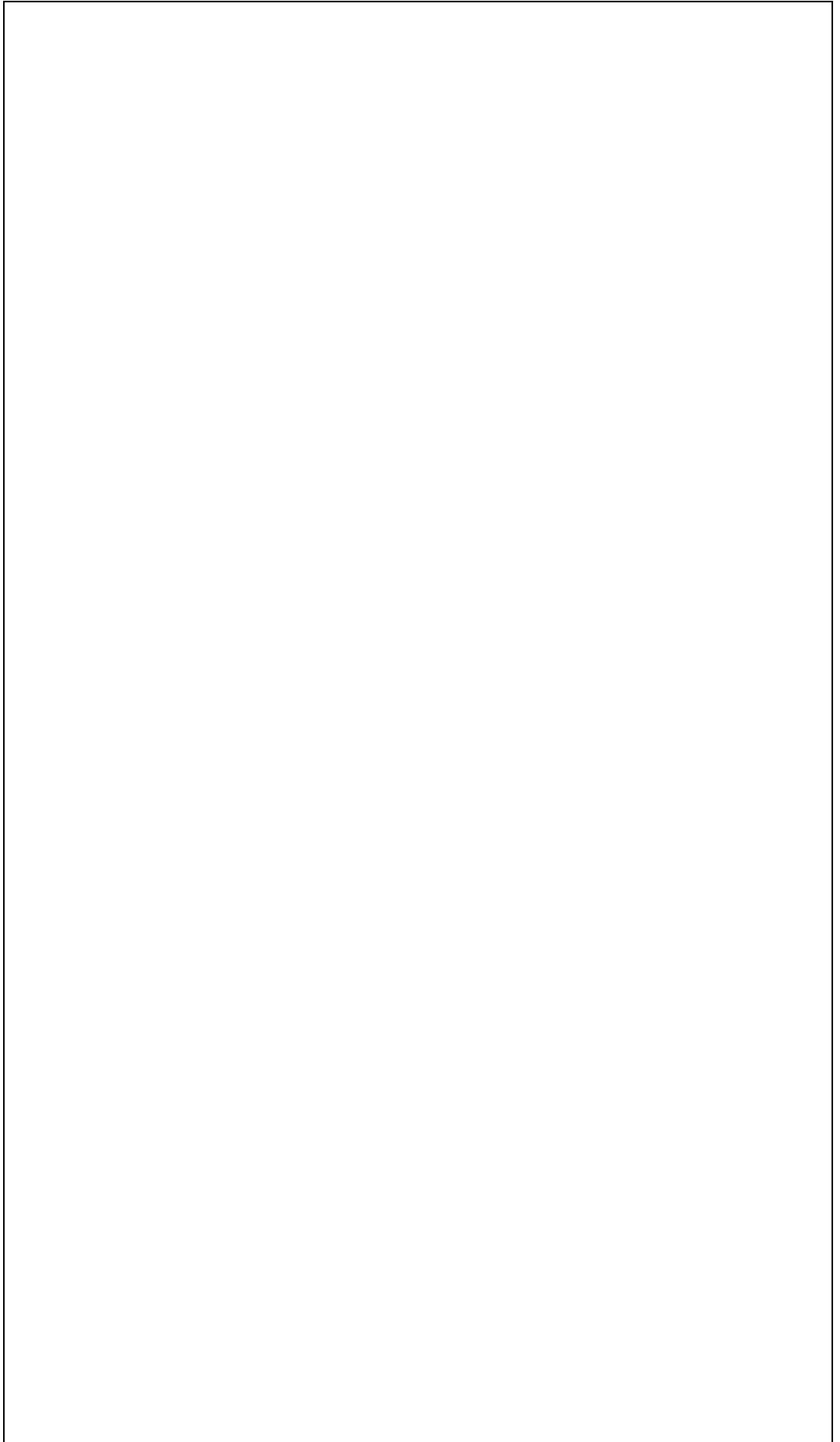
NOTE: The zero point adjustment potentiometer is not accessible on the cable version. Cable is permanently attached to maintain NEMA 6P classification.



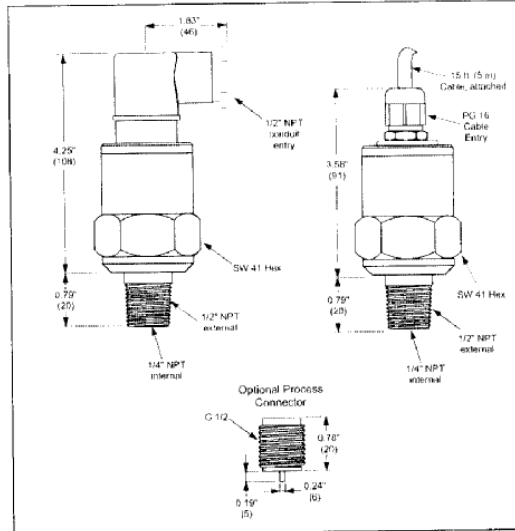
Electrical Connections



ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	3 de 16
----------------	--	------------------------

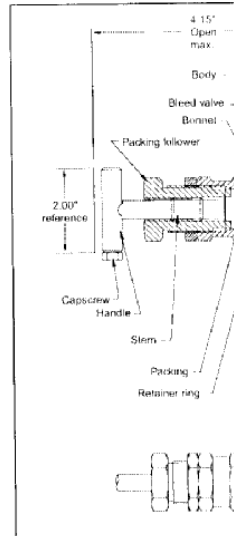


Dimensions



Dimensions are in inches (mm)

Accessories, Block Valve

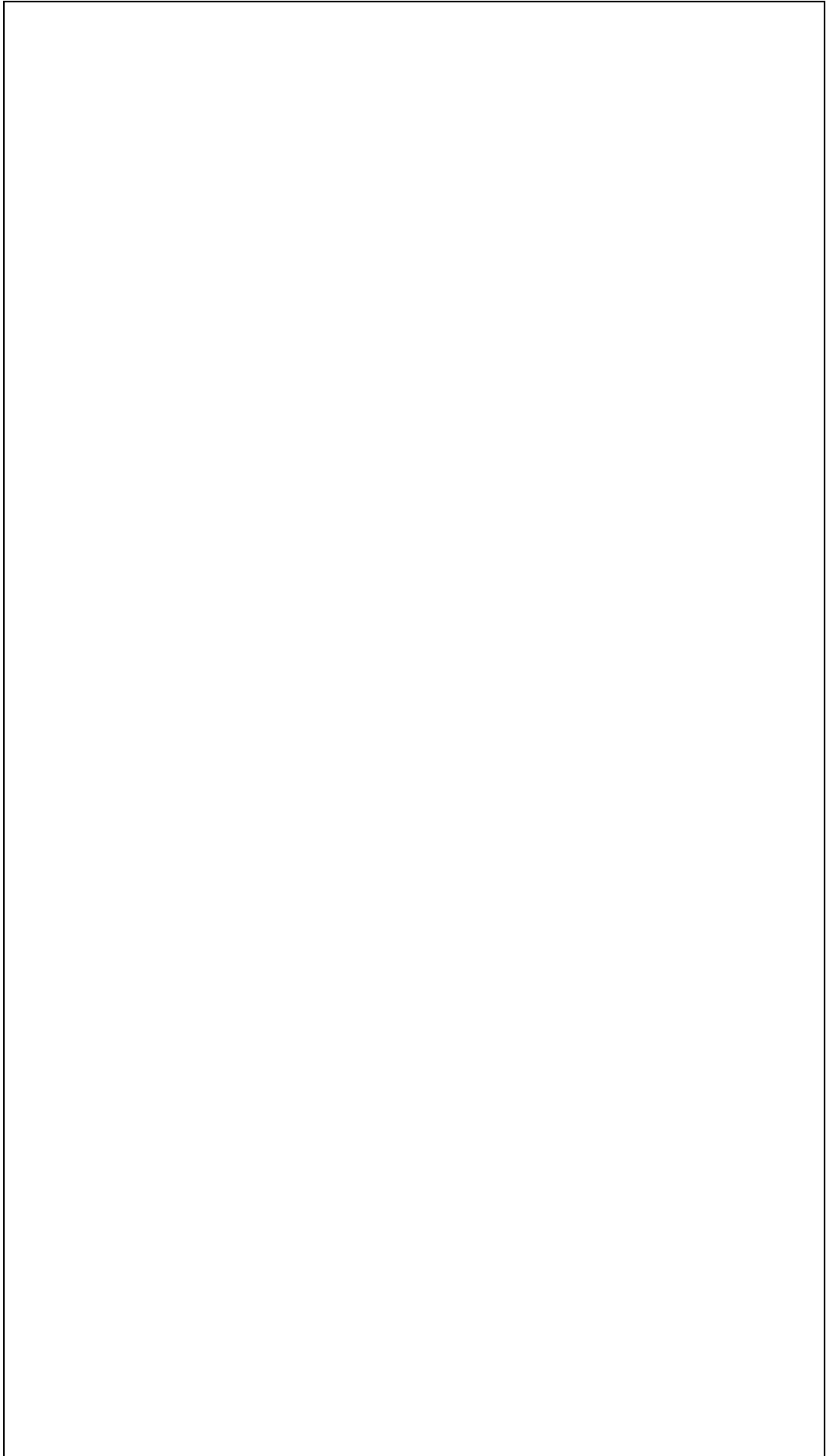


Block and bleed valve, 1/2" N packing: P/N 84600540
 Block and bleed valve, 1/2" N packing: P/N 84601054

Technical Data

Measuring Principle	The pressure to be measured of the ceramic diaphragm of the capacitance proportional to the by electrodes on the ceramic s
Measured Variable	Gauge or absolute pressure
Measuring Ranges	Maximum 600 psi (40 bar), see
Output Signal	4 to 20 mA
Load	$R_A (\Omega) \leq (U_B - 11 V) / 0.02 A$
Accuracy	To DIN IEC 770
Rise Time	20 ms (T_{90} time)
Measurement Deviation (including hysteresis and reproducibility)	0.5% full scale
Effect of Ambient Temperature of nominal range	Thermal change of zero point s -4° and + 185°F (-20° and +85° Thermal change of span between (-20° and +85°C), 0.8% typical (0.4 bar to 40 bar) rating. 1.0% typical for 1.5 psi (0.1 ba
Long Term Stability	0.15% per year
Ambient Temperature Range	-4° to + 185°F (-20° to +85°C)
Storage Temperature Range	-58° to + 212°F (-50° to + 100°
Climate Class	4K4H to DIN EN 60721-3
Ingress Protection	With plug, NEMA 4X (IP 65). V (IP 68)
Vibrational Resistance	4M5 to DIN EN 60721-3
Electromagnetic Compatibility	Interference emission to EN5C immunity to EN50082-2, 10 V/r
Power Supply	11 to 30 V DC, 5% ripple
Maximum Temperature at Sensor	212°F (100°C)
Maximum Pressure Range	Depends on specific sensor o
Process Connection	304 SS; G1/2" (DIN 16 288) or 1/4" FNPT, or PT 1/2" male th
Electrical Connection	1/2" NPT plug, ISO 4400 NEM, ISO 4400, IP 65 or 15 foot cab
Wetted Parts Material	304 SS process connection an FPM (Viton) internal gasket AL ₂ O ₃ (aluminum oxide-ceram

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	4 de 16
----------------	--	----------------



Ordering Information

Cerabar T PMC 131 - 1 2 3 4 5

1 Cable Connection		
A1	Plug PG 11, ISO 4400, IP 65	C1 Plug PG 11, NEMA 4X, CSA General purpose
A2	Plug NPT 1/2", ISO 4400, NEMA 4X	C2 Plug NPT 1/2", NEMA 4X, CSA General purpose
A3	15 foot cable, NEMA 6P	C3 15 foot cable, NEMA 6P, CSA General purpose
A4	75 foot cable, NEMA 6P	
2 Process Connection		
1	G 1/2 A male thread, DIN 16288, 304 SS	
2	1/2" MNPT, 1/4" FNPT, 304 SS	
5	G 1/2 A, 11 mm hole, ISO 228, 304 SS	
3 Process Seal Material		
F	FPM Viton sensor seal	
S	FPM Viton sensor seal, oxygen use	
4 Accessories		
1	Accessories not selected	
2	Linearization protocol (calibration report)	
5 Measuring Range and Units		
Gauge Pressure (inH₂O, psig)	Overload	Absolute Pressure (bar) *
S4N	0 to 50 inH ₂ O, gauge	100 psi
S4Q	0 to 100 inH ₂ O, gauge	100 psi
Q4D	0 to 1.5 psig, gauge	60 psi
Q4F	0 to 5 psig, gauge	100 psi
Q4H	0 to 15 psig, gauge	150 psi
Q4K	0 to 30 psig, gauge	260 psi
Q4N	0 to 50 psig, gauge	300 psi
Q4R	0 to 150 psig, gauge	600 psi
Q4S	0 to 300 psig, gauge	600 psi
Q4T	0 to 500 psig, gauge	850 psi
W6N	-15 to 15 inH ₂ O, gauge	60 psi
W6R	-15 to 30 inH ₂ O, gauge	100 psi
W6O	-80 to 80 inH ₂ O, gauge	100 psi
V6F	-1.5 to 1.5 psig, gauge	100 psi
V6N	-15 to 15 psig, gauge	260 psi
V6R	-15 to 30 psig, gauge	300 psi
V6S	-15 to 60 psig, gauge	600 psi
V6V	-15 to 150 psig, gauge	600 psi
Absolute Pressure (psia)		Gauge Pressure (mbar, bar)
R4D	0 to 1.5 psia, absolute	150 psi
R4F	0 to 5 psia, absolute	150 psi
R4H	0 to 15 psia, absolute	150 psi
R4K	0 to 30 psia, absolute	260 psi
R4N	0 to 50 psia, absolute	300 psi
R4R	0 to 150 psia, absolute	600 psi
R4S	0 to 300 psia, absolute	600 psi
R4T	0 to 500 psia, absolute	850 psi
Gauge Pressure (bar) *		
Y1C	Adjusted, 0 to 0.1 bar, gauge	4 bar
Y1F	Adjusted, 0 to 0.4 bar, gauge	7 bar
Y1G	Adjusted, 0 to 1 bar, gauge	10 bar
Y1K	Adjusted, 0 to 2 bar, gauge	18 bar
Y1Q	Adjusted, 0 to 4 bar, gauge	20 bar
Y1S	Adjusted, 0 to 10 bar, gauge	40 bar
* Adjusted: factory set, please specify range.		
		D10 0 to 100 mbar / 0 to 10 kPa, gauge
		D12 0 to 200 mbar / 0 to 20 kPa, gauge
		D14 0 to 400 mbar / 0 to 40 kPa, gauge
		A1G 0 to 1 bar / 0 to 100 kPa, gauge
		A1K 0 to 2 bar / 0 to 200 kPa, gauge
		A1Q 0 to 4 bar / 0 to 400 kPa, gauge
		A1R 0 to 6 bar / 0 to 600 kPa, gauge
		A1S 0 to 10 bar / 0 to 1 MPa, gauge
		A1T 0 to 16 bar / 0 to 1.6 MPa, gauge
		A1V 0 to 20 bar / 0 to 2 MPa, gauge
		A1W 0 to 25 bar / 0 to 2.5 MPa, gauge
		A1X 0 to 40 bar / 0 to 4 MPa, gauge
		D3W -20 to 20 mbar / -10 to 20 kPa, gauge
		D31 -100 to 100 mbar / -10 to 10 kPa, gauge
		D38 -200 to 200 mbar / -20 to 20 kPa, gauge
		D39 -300 to 300 mbar / -30 to 30 kPa, gauge
		A3C -1 to 0 bar / -100 to 0 kPa, gauge
		A3E -1 to 1 bar / -100 to 100 kPa, gauge
		A3G -1 to 3 bar / -100 to 300 kPa, gauge
		A3K -1 to 9 bar / -100 to 900 kPa, gauge
		A3N -1 to 15 bar / -0.1 to 1.5 MPa, gauge
		Absolute Pressure (mbar, bar)
		D20 0 to 100 mbar / 0 to 10 kPa, absolute
		D22 0 to 200 mbar / 0 to 20 kPa, absolute
		D24 0 to 400 mbar / 0 to 40 kPa, absolute
		A2G 0 to 1 bar / 0 to 100 kPa, absolute
		A2K 0 to 2 bar / 0 to 200 kPa, absolute
		A2Q 0 to 4 bar / 0 to 400 kPa, absolute
		A2R 0 to 6 bar / 0 to 600 kPa, absolute
		A2S 0 to 10 bar / 0 to 1 MPa, absolute
		A2T 0 to 16 bar / 0 to 1.6 MPa, absolute
		A2V 0 to 20 bar / 0 to 2 MPa, absolute
		A2W 0 to 25 bar / 0 to 2.5 MPa, absolute
		A2X 0 to 40 bar / 0 to 4 MPa, absolute

For application and selection assistance,
in the U.S. call 888-ENDRESS

For total support of your installed base, 24 hours
a day, in the U.S. call 800-642-8737

Visit us on our web site, www.us.endress.com

United States	Canada	Mexico
Endress+Hauser, Inc. 2350 Endress Place Greenwood, IN 46143 Phone: (317) 535-7138 888-ENDRESS FAX: (317) 535-8498	Endress+Hauser Canada Ltd. 1440 Graham's Lane Unit 1, Burlington ON, L7S 1W3 Phone: (905) 681-9292 800-668-3199 FAX: (905) 681-9444	Endress+Hauser Paseo del Pedregal No. 610 Col. Jardines del Pedregal 01900, Mexico D.F. Mexico Phone: (525) 568-2405 FAX: (525) 568-7459

Endre
The Power

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	5 de 16
----------------	--	----------------



Level



Pressure



Flow



Temperature



Liquid Analysis



Registration



Systems Components



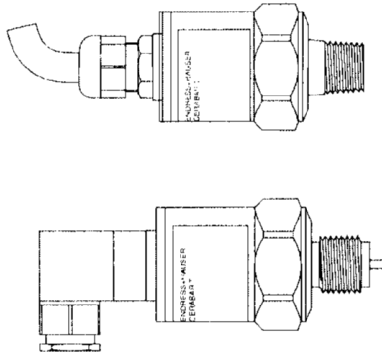
Services



Solutions

Operating Instructions

Cerabar T PMC131



de - Drucktransducer

en - Pressure Transducer

fr - Transducteur de pression

it - Trasduttore di pressione

es - Transmisorde presión

nl - Druktransmitter

KA085P/00/ac/04.06
7.10.26/06

Endress+Hauser
People for Process Automation

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	6 de 16
----------------	--	----------------

de - Inhalt			
Geräte-Identifikation	4	Device Identification	4
Abmessungen	5	Dimensions	5
Montage	6	Mounting	6
Elektrischer Anschluss	8	Electrical Connection	8
Nullpunkt kontrollieren	10	Adjusting the Zero Point	10
Technische Daten	12	Technical Data	12
fr - Sommaire			
Dénomination de l'appareil	4		
Dimensions	5		
Montage	6		
Raccordement électrique	8		
Ajustement du zéro	10		
Caractéristiques techniques	12		

de - Sicherheitshinweise

Der Cerabar T dient der Absolut- und Überdruckmessung in Gasen, Dämpfen, Flüssigkeiten und Stäuben. Bei unsachgemäßem Einsatz können Gefahren von ihm ausgehen. Das Gerät darf nur von qualifiziertem und autorisiertem Fachpersonal unter strenger Beachtung dieser Betriebsanleitung und der Technischen Information TI41SP, der einschlägigen Normen, gesetzlichen Vorschriften und Zertifikate eingebaut, angeschlossen, in Betrieb genommen und gewartet werden.

en - Notes on Safety

The Cerabar T is designed for measuring absolute and gauge pressure of gases, vapours, liquids and dusts. If used incorrectly it is possible that application related dangers may arise. The Cerabar T may be installed, commissioned, operated and maintained by qualified and authorised personnel only, under strict observance of these operating instructions and Technical Information TI41SP, any relevant standards, legal requirements, and, where appropriate, the certificate.

fr - Conseils de sécurité

Le Cerabar T est destiné à la mesure de pression absolue et relative dans les gaz, vapeurs, liquides et poussières. Il peut être source de danger en cas d'utilisation non conforme aux prescriptions. L'appareil ne doit être installé, raccordé, mis en service et maintenu que par un personnel qualifié et autorisé, qui tiendra compte des indications contenues dans la présente mise en service et de l'information Technique TI41SP, des normes en vigueur et des certificats disponibles (selon l'application).

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	7 de 16
----------------	--	------------------------

es - Índice	it - Índice	nl - Inhoud
Identificación del equipo	Identificazione (strumento)	Instrument-identificatie
Dimensiones	Dimensioni	Afmetingen
Montaje	Montaggio	Montage
Conexiones eléctricas	Collegamento elettrico	Elektrische aansluiting
Ajuste del punto cero	Controllo del punto zero	Nulpunt controleren
Datos técnicos	Dati tecnici	Omgevingscondities
	4	4
	5	5
	7	7
	8	8
	10	10
	12	12

es - Notas sobre seguridad

Cerabar T está diseñado para medir presión absoluta y relativa en gases, vapores, líquidos y sólidos pulverulentos. Su empleo inapropiado puede resultar peligroso. El equipo deberá ser montado, conectado, instalado y mantenido única y exclusivamente por personal cualificado y autorizado, bajo rigurosa observación de las presentes instrucciones de servicio y de la Información Técnica TI415P, de las normativas y legislaciones vigentes, así como de los certificados (dependiendo de la aplicación).

it - Note sulla sicurezza

Il Cerabar T è stato progettato per la misura della pressione assoluta e relativa di gas, vapori, liquidi e polveri. Un'installazione non corretta può determinare pericolo per le persone e le cose. Lo strumento deve essere montato collegato e messo in servizio solamente da personale qualificato ed autorizzato, nel totale rispetto delle indicazioni operative qui riportate, delle prescrizioni presenti nelle informazioni tecniche TI415P ed in accordo a tutte le norme e legislazioni vigenti e le certificazioni utilizzate.

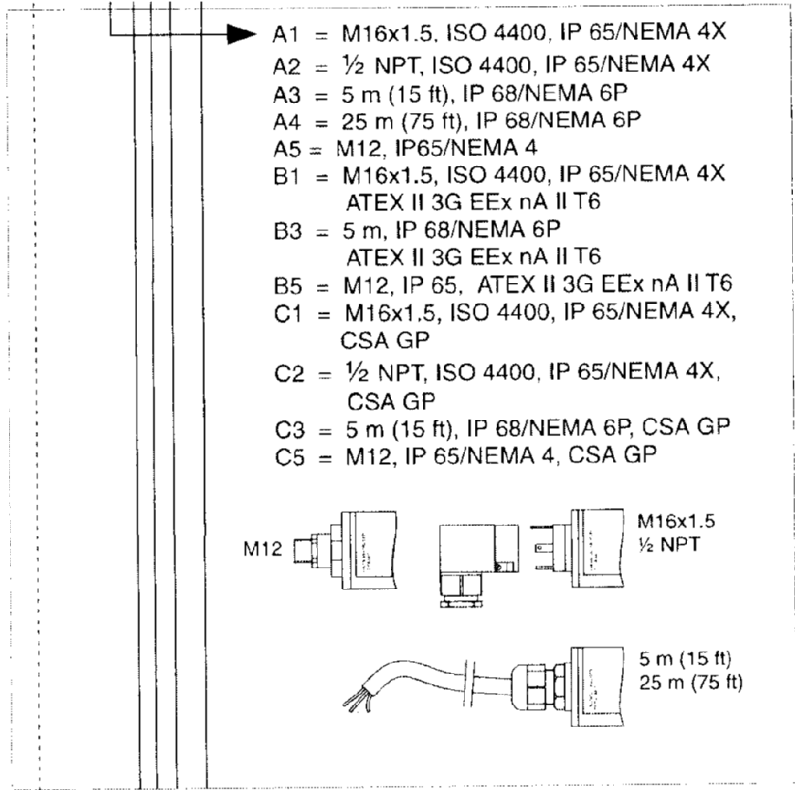
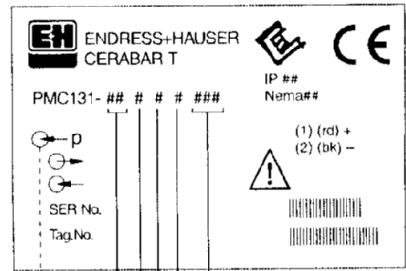
nl - Veiligheidsinstructies

De Cerabar T is ontworpen voor het meten absoluut en overdruk van gassen, dampen, vloeistoffen en vaste stoffen. Bij niet correct gebruik kunnen gevaarlijke situaties ontstaan. Het instrument mag uitsluitend door gekwalificeerd en geautoriseerd vakpersoneel geïnstalleerd, aangesloten en in bedrijf genomen worden met inachtneming van dit inbedrijfstellingsvoorschrift, het bijbehorende Technisch Informatieblad TI415P en de betreffende normen, de wettelijke voorschriften en eventuele certificaten in acht.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	8 de 16
----------------	--	----------------

de - Geräte-Identifikation
 en - Device Identification
 fr - Dénomination de l'appareil
 es - Identificación del equipo
 it - Identificazione dello strumento
 nl - Instrument-identificatie

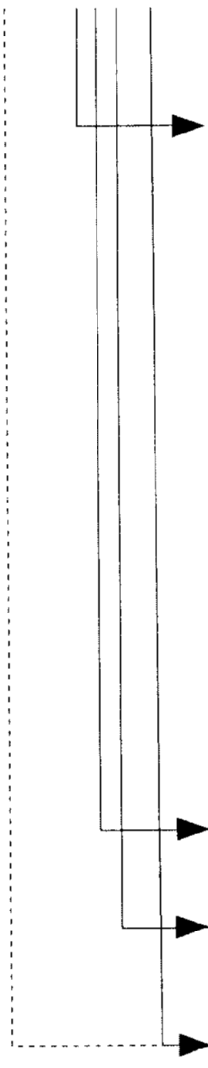
4



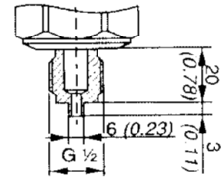
Endress+Hauser

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	9 de 16
----------------	--	----------------

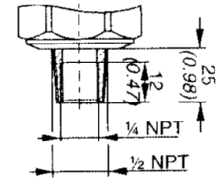
Endress + Hauser



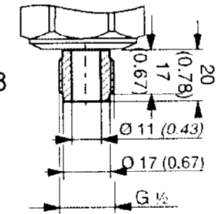
1 = G 1/2A, ISO 228
1.4301 (AISI 304)



2 = 1/2 MNPT, 1/4 FNPT,
1.4301 (AISI 304)



5 = G 1/2A, ø11 mm, ISO228
1.4301 (AISI 304)



F = FKM Viton
S = FKM Viton, O₂

1 = ohne/without/sans/sin/senza/zonder
2 = Protokoll/Protocol/Protocolle
S = German Lloyd

⊕ p

D10 = 0..100 mbar, 0...10 kPa

...

R4T = 0...500 psi a

S

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	10 de 16
----------------	--	---------------------

de - Montage

- Die Funktion des Drucktransducers PMC 131 ist unabhängig von der Einbaulage.
- Zum Schutz des Gewindes und der Druckmembran darf die Schutzkappe am Gewindestutzen erst kurz vor dem Einbau entfernt werden.
- Der Drucktransducer ist nach den gleichen Richtlinien wie ein Manometer zu montieren. Wir empfehlen die Verwendung von Absperrhähnen und Wassersackrohren.
- Beim Einbau ist darauf zu achten, dass kein Tropfwasser in das Gehäuse eindringen kann.
- Einsatzgrenzen für Sauerstoff beachten (bei FKM Viton/O₂ gemäß BAM-Liste).

en - Mounting

- The function of the PMC 131 transducer is independent of mounting orientation.
- To protect the thread and pressure diaphragm from damage, the protective cover on the threaded nozzle should be removed just before installation only.
- The pressure transducer is to be mounted like a manometer. The guidelines are identical. Isolating valves and water pocket pipes should be used.
- When installing, ensure that no water enters the housing.
- Note the application limits for oxygen (for FKM Viton/O₂ as per BAM list).

fr - Montage

- Le fonctionnement du transducteur de pression PMC 131 est indépendant de son implantation.
- Afin de protéger le filetage et la membrane, ne retirer le capot de protection, placé sur le raccord fileté, qu'au moment du montage.
- Le transducteur de pression doit être monté conformément aux directives concernant les manomètres. Nous recommandons l'utilisation de robinets d'isolement et de siphons.
- Lors du montage, veiller à ce qu'il n'y ait pas d'infiltration d'eau dans le boîtier.
- Tenir compte des limites d'utilisation sur l'oxygène (pour FKP Viton/O₂ selon liste BAM).

es - Montaje

- El funcionamiento del transmisor de presión PMC 131 es independiente de la orientación de montaje.
- No retirar la protección del casquillo roscado hasta el momento previo a su instalación para evitar dañar la rosca o el diafragma de presión.
- El transmisor de presión se deberá montar como un manómetro. El procedimiento es el mismo. Utilizar válvulas de corte y sifón.
- Durante la instalación asegurar que no entre agua en la caja.
- Observar los límites de utilización en oxígeno (para FKP Viton/O₂ según lista BAM).

it - Montaggio

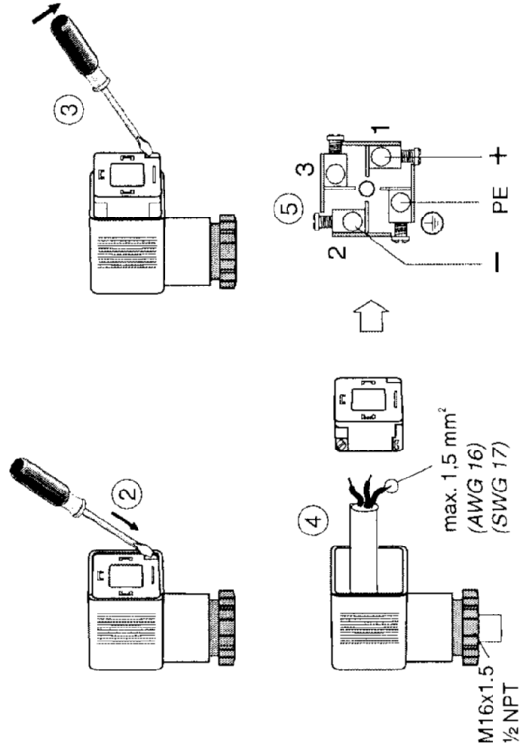
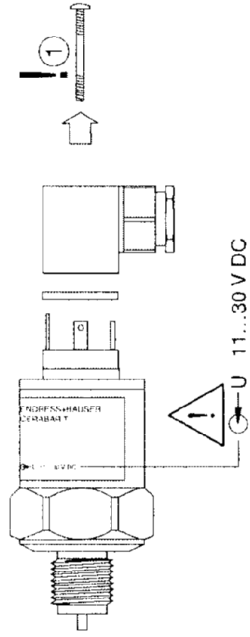
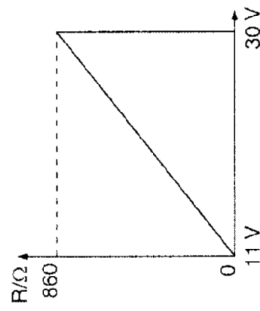
- Il funzionamento del trasduttore PMC 131 non dipende dalla posizione di montaggio.
- Per proteggere la filettatura e la membrana di pressione da eventuali danneggiamenti, eliminare il coperchio di protezione dell'ugello filettato solo immediatamente prima dell'installazione.
- Il trasduttore di pressione deve essere montato come un manometro. Utilizzare solo valvole di arresto e tubi separatori d'acqua.
- Durante l'installazione, assicurarsi che non entri acqua nella custodia.
- Osservare i limiti operativi per ossigeno (per FKM Viton/O₂ in accordo con lista BAM).

nl - Montage

- Het functioneren van de PMC 131 is onafhankelijk van de montagepositie.
- Ter bescherming van de buitendraad en het membraan moet de beschermhuls pas vlak voor de montage verwijderd worden.
- De druktransmitter moet identiek als een manometer gemonteerd worden. De richtlijnen t.a.v. gebruik van afsluitkranen, afstandstukken en watersloten moeten worden aangehouden.
- Bij installatie ervoor zorgen dat er geen water in de behuizing kan komen, ook niet via de connector/wartel.
- Toepassingen in zuurstof bekijken (met FKM Viton/O₂ conform BAM lijst).

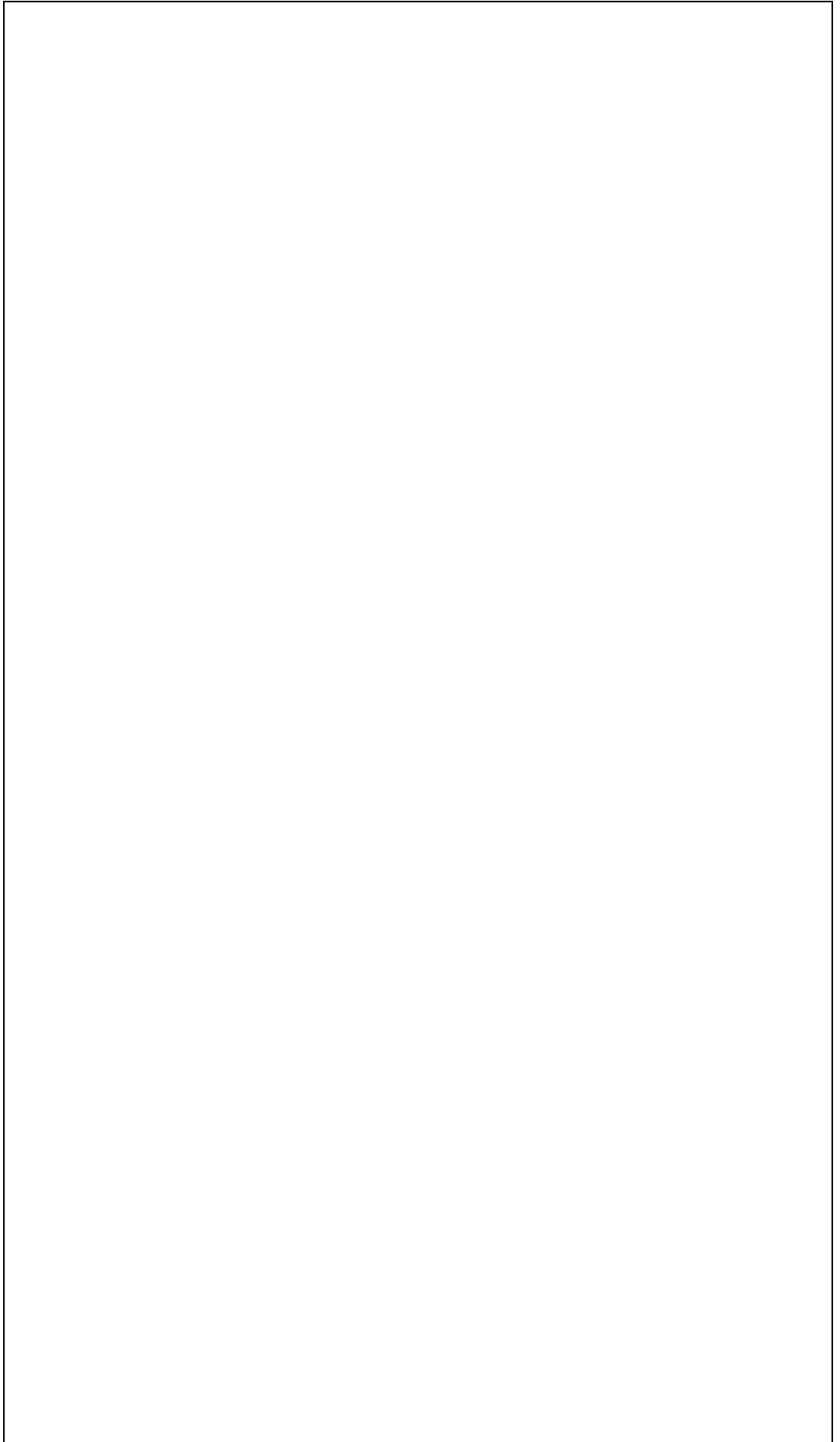
ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	12 de 16
----------------	--	---------------------

de - Elektrischer Anschluss
 Stecker-Version
 en - Electrical Connection
 Plug version
 fr - Raccordement électrique
 Version connecteur
 es - Conexión eléctrica
 Con conector
 it - Collegamento elettrico
 Spina
 nl - Elektrische aansluiting
 Steker-versie



Endress + Hauser

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	13 de 16
----------------	--	---------------------





Level



Pressure



Flow



Temperature



Liquid Analysis



Registration



Systems Components



Services



Solutions

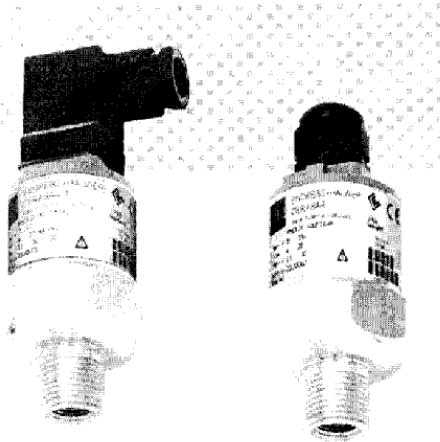
Technical Datasheet

Cerabar T PMC131

Pressure transmitters for absolute and gauge pressure measurement

E-direct

www.us.endress.com/e-direct



- Rugged ceramic sensor withstands corrosion and abrasion
- Can withstand up to 40 times overload at peak pressures
- Reliable with long-term stability
- Suitable for vacuum applications
- Dry (oil-free) measurement cell

Application

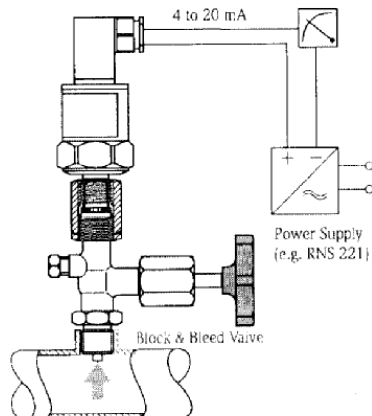
The Cerabar T PMC131 allows measurement of absolute and gauge pressure in liquids, vapors and gases. Safe operation is guaranteed by special long-term stability and overload resilience of the capacitance ceramic sensors. This instrument is a pressure transducer equipped with a highly accurate capacitance ceramic sensor. The ceramic sensor is very resistant to corrosion and abrasion. It is especially suitable for measurement of absolute and gauge pressure ranges between 0 to 5 psi and 500 psi.

Measurement Principle

The measurement pressure causes a slight deflection of the sensor diaphragm. The change in proportion to pressure is measured and available as a 4 to 20 mA output signal. The pressure transducer comes with a plug connection (ISO 4400) for wiring to an external loop-power supply (e.g. an RNS221 power supply from E-direct).

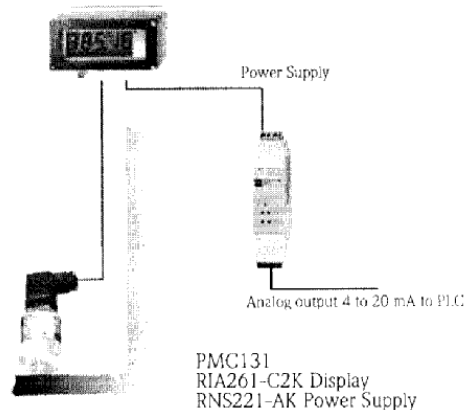
Measurement System

Cerabar T pressure transducer with 4 to 20 mA output and external power supply, such as RNS221 from E-direct.



Application Example

Cerabar T pressure transducer and external power supply, such as RNS221 and remote display unit from E-direct.



TH04E125-01-99/05
US E-00125

Endress+Hauser

People for Process Automation

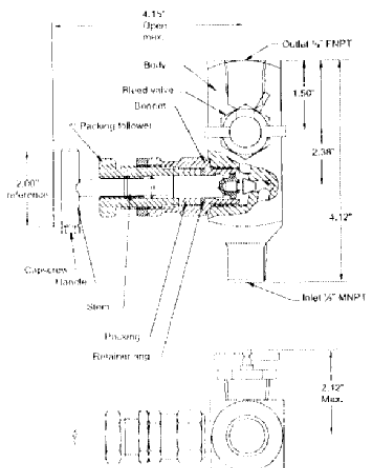
ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	14 de 16
----------------	--	---------------------

Technical Data

Power supply	11 to 30 V DC at 5% wave
Output signal	4 to 20 mA/2-wire
Max. load R_a	$R_a (\Omega) \leq (U_b - 11 \text{ V})/0.02 \text{ A}$
Measurement accuracy	Reference conditions according to DIN IEC 770; < 0.6% FS ¹⁾ (linearity including hysteresis and repeatability)
Effect of ambient temperature	in relation to nominal value Zero point: typ. < 0.15%/10 K Range: typ. < 0.1%/10 K < 0.15% FS ¹⁾ per year
Long-term stability	< 0.15% FS ¹⁾ per year
Response time T_{90}	40 ms
Material temperature	-4 to +212 °F
Ambient temperature	-4 to +185 °F
Storage temperature	-58 to +212 °F
Climate class	4K4H according to DIN EN 60721-3
Protection	NEMA 4 w/plug; NEMA 6 w/cable
Vibration stability	4M5 according to DIN EN 60721-3
Electromagnetic compatibility	Interference emission according to EN 50081-1, Interference emission according to EN 50082-2, 10 V/m according to EN 61000-4-3
Process connection	1/2" MNPT with 1/4" FNPT
Materials in contact with medium	Process connection and housing: 304 SS Seal (internal location): FPM (Viton) Al ₂ O ₃ (aluminum oxide ceramic)
Process diaphragm	Al ₂ O ₃ (aluminum oxide ceramic)
Electrical connection	4-pole plug connection according to ISO 4400 with 1/2" NPT conduit entry or 15 ft. fixed cable, 3 conductor with pressure compensation line
Block & Bleed valve	Part No. 84600540 (316 stainless steel) Part No. 84601054 (carbon steel) max. 450 °F / 4800 psi nom. 200 °F / 6000 psi Teflon® packing 1/2" MNPT and 1/2" FNPT

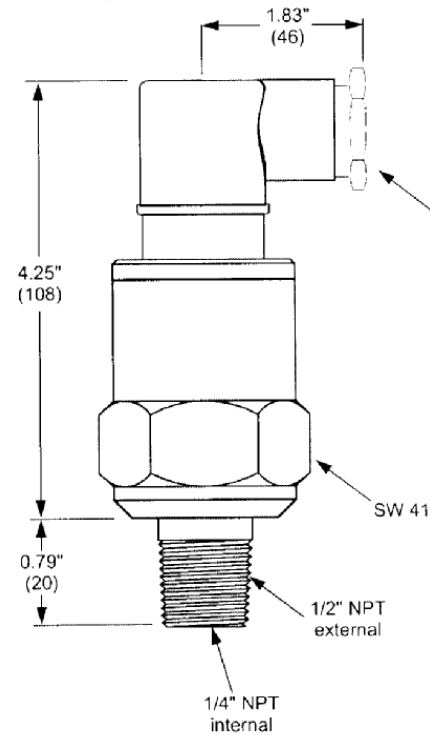
¹⁾ FS = Full Scale = Measuring range

Block & Bleed Valve

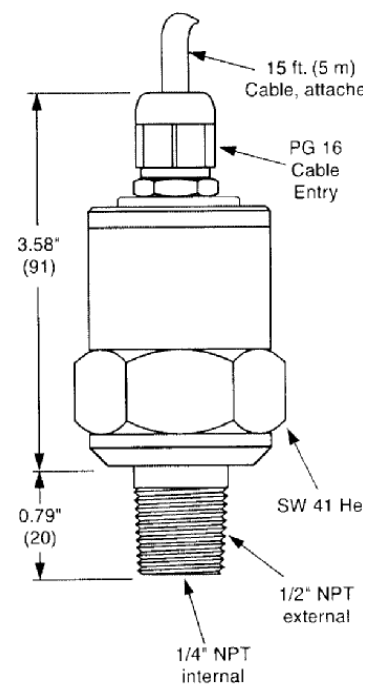


Dimensions in inches (mm) and Materials

PMC131/Plug/Pressure gauge connection



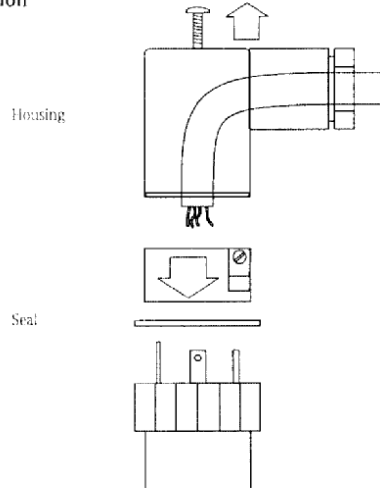
PMC131 Cable connection



ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	15 de 16
----------------	--	---------------------

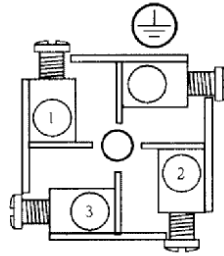
Electrical Connection

Plug Version

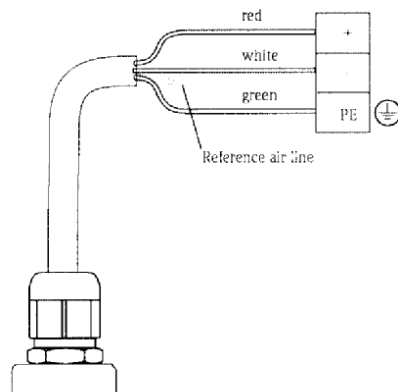


Electrical Connector

Analog output 4 to 20 mA
2 wire
① Power supply and output (+)
② Power supply and output (-)
③ not assigned
⊕ Ground (PE)



Version with fixed cable

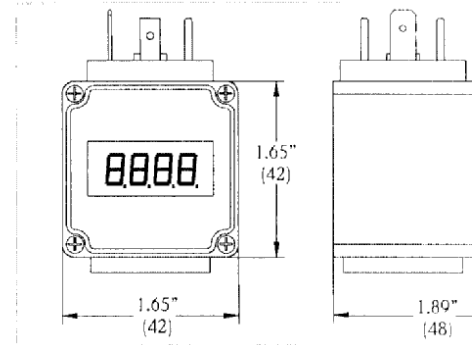


Accessories

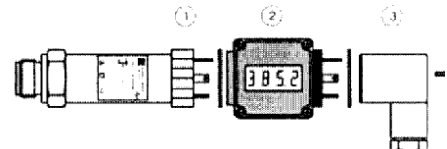
Display MINIDIS for plug version

Display 4 digits, red LED, loop powered to 4 to 20 mA loops, angular connect 43650
0.3" (7.62 mm) display height, turn of 90°
Display range -1999 to +9999, programmable by
Protection class NEMA 4
Material plastic PA6 GF30, face plate PMMA
Voltage drop ≤ 5 V (equivalent burden of max. 2
Temperature range 32 to 140 °F (0 to 60 °C) Ambient
Programming By means of two keys, menu-guide scale, decimal point, damping, erro

Dimensions in inches (mm)



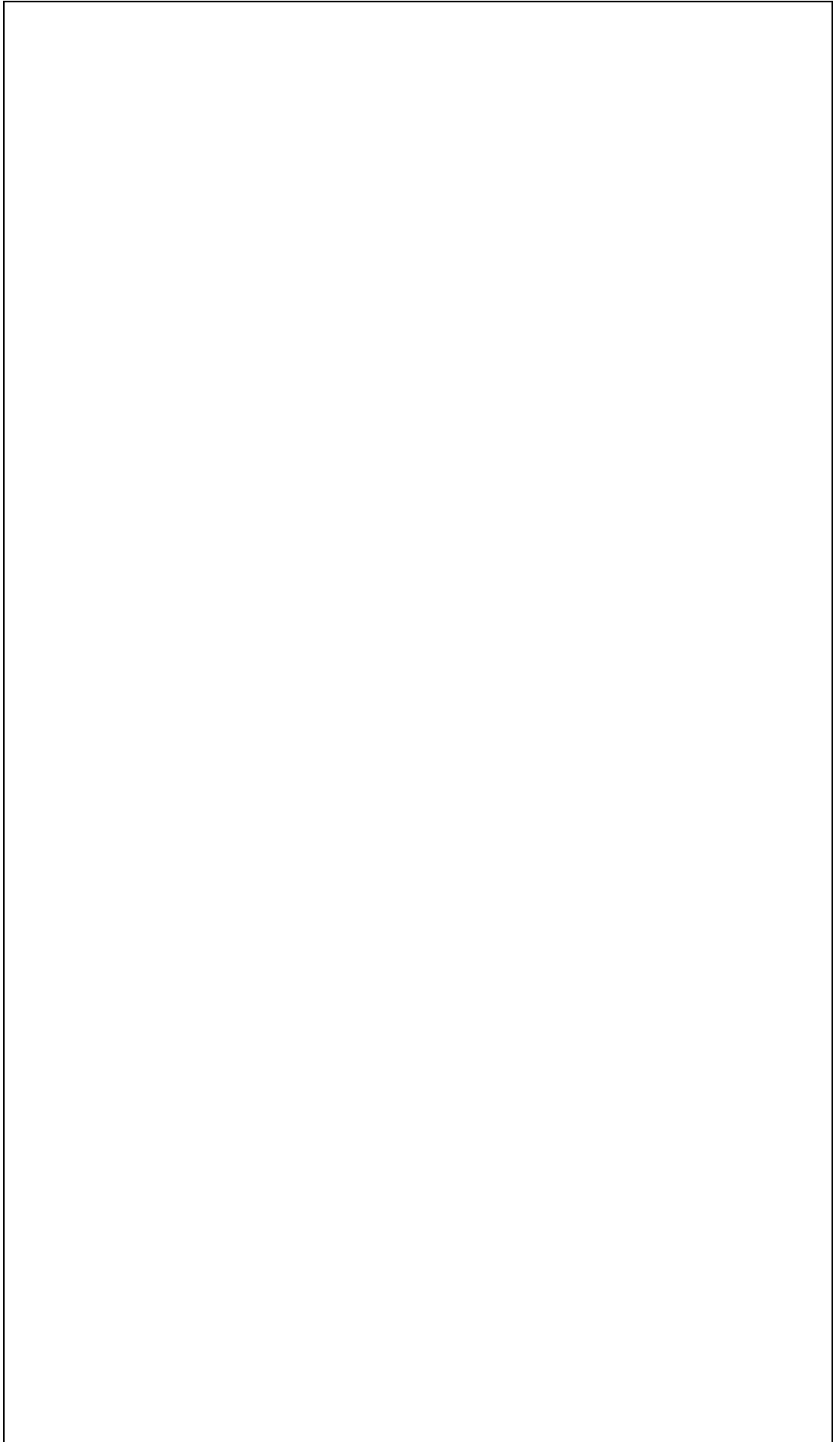
Installation of MINIDIS display



Mechanical connection (display rotated 90° compared to del status). Image shows PMP131; MINIDIS may be installed on or PMC131.

- Insert the MINIDIS display ② between the plug ③ and ① of the sensor.
- Replace the screw ④ with the extended screw included in the package.
- Place seals (included) between sensor/MINIDIS display/MINIDIS display/plug
- The display can be rotated 90°
- A sticker which is included in the package and contains information on the engineering units can be affixed to the LED display.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	16 de 16
----------------	--	---------------------



Measuring Ranges
for Cerabar T PMC131 Plug version

Many other models, versions and options are available. Please contact Endress+Hauser for more information.

Code	Measuring range, Unit	Overload
	Gauge pressure (psi)	
Q4F	0 to 5 psig	100 psi
Q4H	0 to 15 psig	150 psi
Q4N	0 to 50 psig	300 psi
Q4R	0 to 150 psig	600 psi
Q4T	0 to 500 psig	850 psi

for Cerabar T PMC131 Cable version

Code	Measuring range, Unit	Overload
	Gauge pressure (psi)	
Q4H	0 to 15 psig	150 psi
Q4R	0 to 150 psig	6000 psi

Order Form:

* please add code for measuring range

Product	Version	Order No.	Price/Piece in \$			we hereby order:
			1 to 5	6 to 15	16 to 35	
PMC131	Plug version and gauge pressure connection	PMC131-A22F1 ____*	\$200.00	\$180.00	\$162.00	pcs
	Cable version and pressure gauge connection	PMC131-A32F1 ____*	\$234.00	\$211.00	\$190.00	pcs
Accessories	Block & Bleed valve, Stainless Steel	84600540	\$110.00	\$110.00	\$110.00	pcs
	Block & Bleed valve, Carbon Steel	84601054	\$105.00	\$105.00	\$105.00	pcs
	MINIDIS, Display for Cerabar T with analog output	52022914	\$178.00	\$160.00	\$144.00	pcs

Prices are applicable for USA until 9-30-2006 in \$ per unit. Net excluding cost of shipping and taxes. Acceptance per our Standard Terms and Conditions (find at www.us.endress.com/e-direct).

Total Price:
FOB Greenwood, IN; shipped pre-paid; shipping charges and applicable taxes added to invoice.

E-direct catalog (free)

Shipping Method Ground Priority One Day Priority Two Day



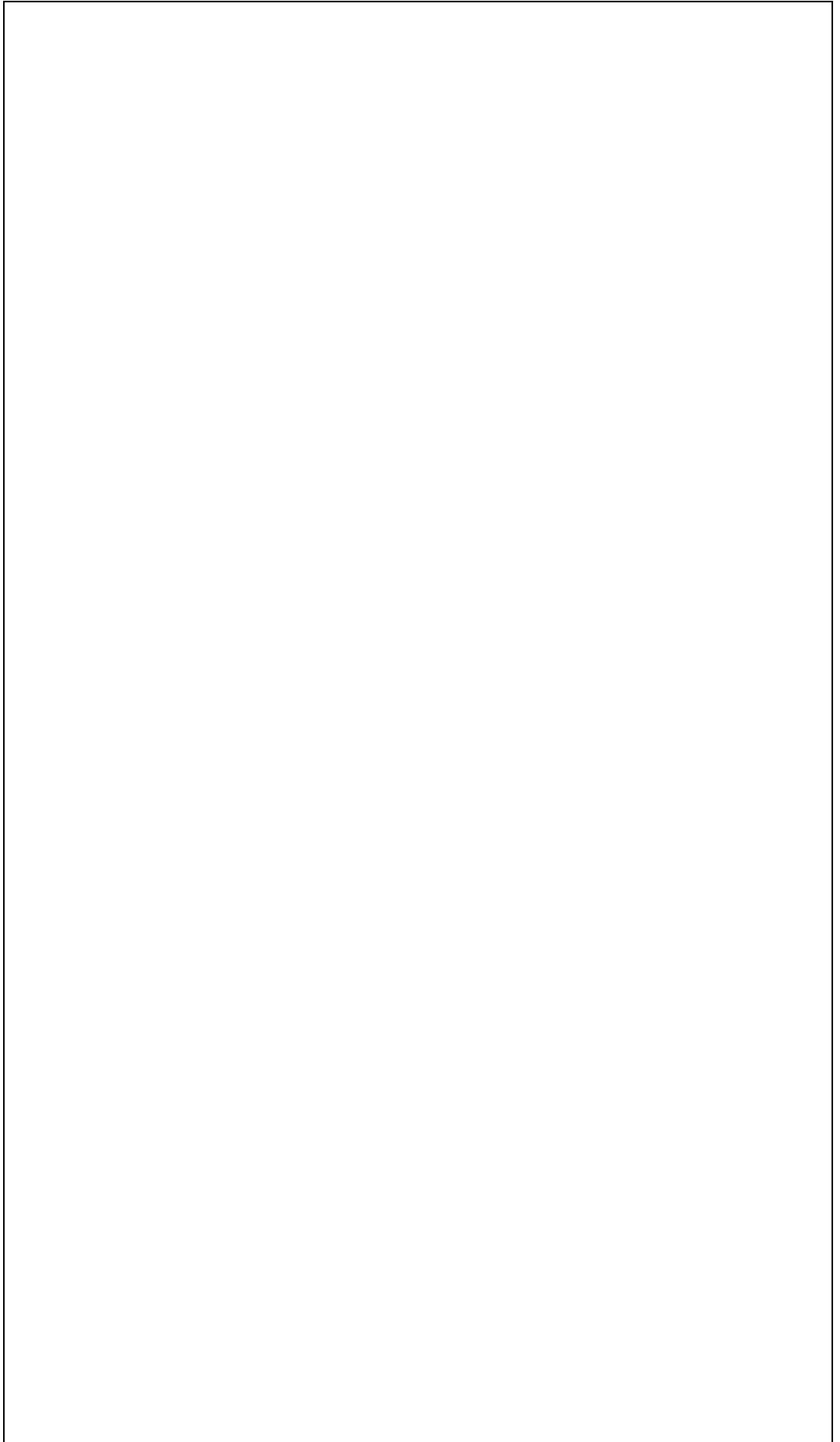
E-direct
Endress+Hauser, Inc.
2350 Endress Place
Greenwood, IN 46143

Name: _____
 Company: _____
 Ship-To Address: _____
 City, State, Zip: _____
 Bill-To Address: _____
 City, State, Zip: _____
 Phone: () - _____
 Fax: () - _____
 Signature/Date: _____
 Check one:
 Purchase Order: No. _____
 Credit Card: Visa MC Am Exp
 Number: _____
 Exp. Date: _____
 Check one:
 Taxable: Tax Rate _____ % State _____
 Non-Taxable: Tax Exempt Number _____

(For customers in the USA only)
Online Shop www.us.endress.com
Order: by phone 888-EH DIRECT
 (343-4732)
by fax 800-321-7754
 For special requests, e-mail us: e-direct@us.endress.com
Warranty Should an instrument replacement unit will be shipped from receipt quantities 1-3 within days.
Delivery

Endress+Hauser
People for Process Automation

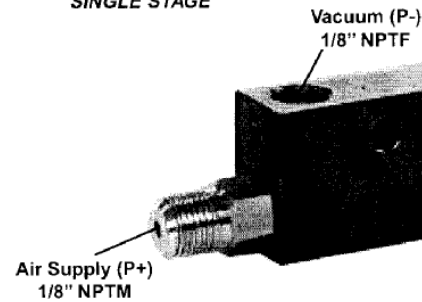
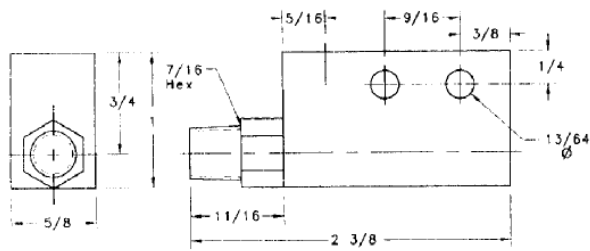
ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	1 de 2
----------------	--	---------------





AVR SERIES I

SINGLE STAGE

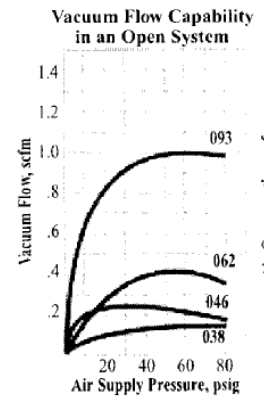
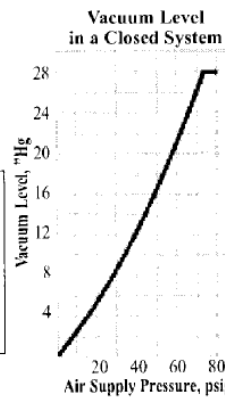


Compact and lightweight, this simple Single Stage pump quickly and efficiently generates vacuum. With or seals, it is maintenance free. Air-Vac's most economical series is an excellent choice for small pick and or for evacuating small volumes.

"H" Version

Produces vacuum levels up to 28.0"Hg and vacuum flow rates up to 1.0 scfm.

Model Number	AVR038H	AVR046H	AVR062H	AVR093H
Vacuum Level, "Hg	27.5	27.9	28.0	28.0
Vacuum Flow, scfm	0.16	0.25	0.42	1.0
Air Consumption, scfm	0.31	0.41	0.82	1.9
Weight, oz.	2	2	2	2
Sound Level, dBA	71	72	78	82



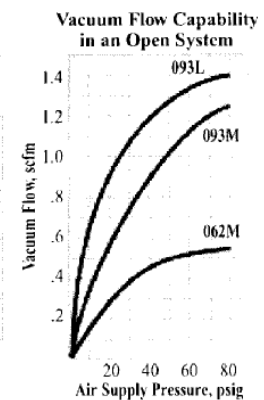
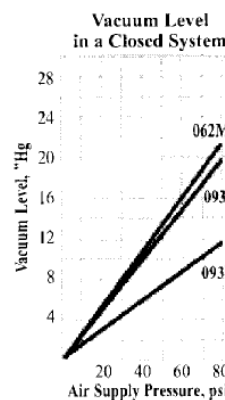
"Hg	1.5	3	6	9	12	15	18	21	24
AVR038H	22	43	98	155	221	302	349	534	720
AVR046H	14	26	56	87	126	172	227	343	414
AVR062H	8.0	15	32	52	75	103	140	190	270
AVR093H	3.0	6.0	13	22	33	47	65	85	114

"Hg	0	1.5	3	6	9	12
AVR038H	.16	.15	.14	.13	.12	.11
AVR046H	.25	.24	.23	.21	.19	.17
AVR062H	.42	.41	.38	.33	.29	.25
AVR093H	1.0	.92	.87	.74	.66	.58

"M" and "L" Versions

Produce medium and low vacuum levels and vacuum flow rates up to 1.23 scfm, *but with substantially lower levels of air consumption than the "H" versions.*

Model Number	AVR062M	AVR093M	AVR093L
Vacuum Level, "Hg	20.0	18.3	11.0
Vacuum Flow, scfm	0.53	1.23	1.4
Air Consumption, scfm	0.54	1.0	.6
Weight, oz.	2	2	2
Sound Level, dBA	69	72	72



"Hg	1.5	3	6	9	12	15	18
AVR062M	6.0	11	25	40	61	89	137
AVR093M	1.9	3.9	8.9	16.5	28.8	56	
AVR093L	1.7	3.7	9.2	22.2			

"Hg	0	1.5	3	6	9	12
AVR062M	.53	.51	.49	.44	.38	.33
AVR093M	1.23	1.16	1.10	.92	.69	.49
AVR093L	1.4	1.27	1.13	.75	.40	

• Sound levels recorded with S18 muffler, see page 24.

• Materials of construction: anodized aluminum and brass - other materials available.

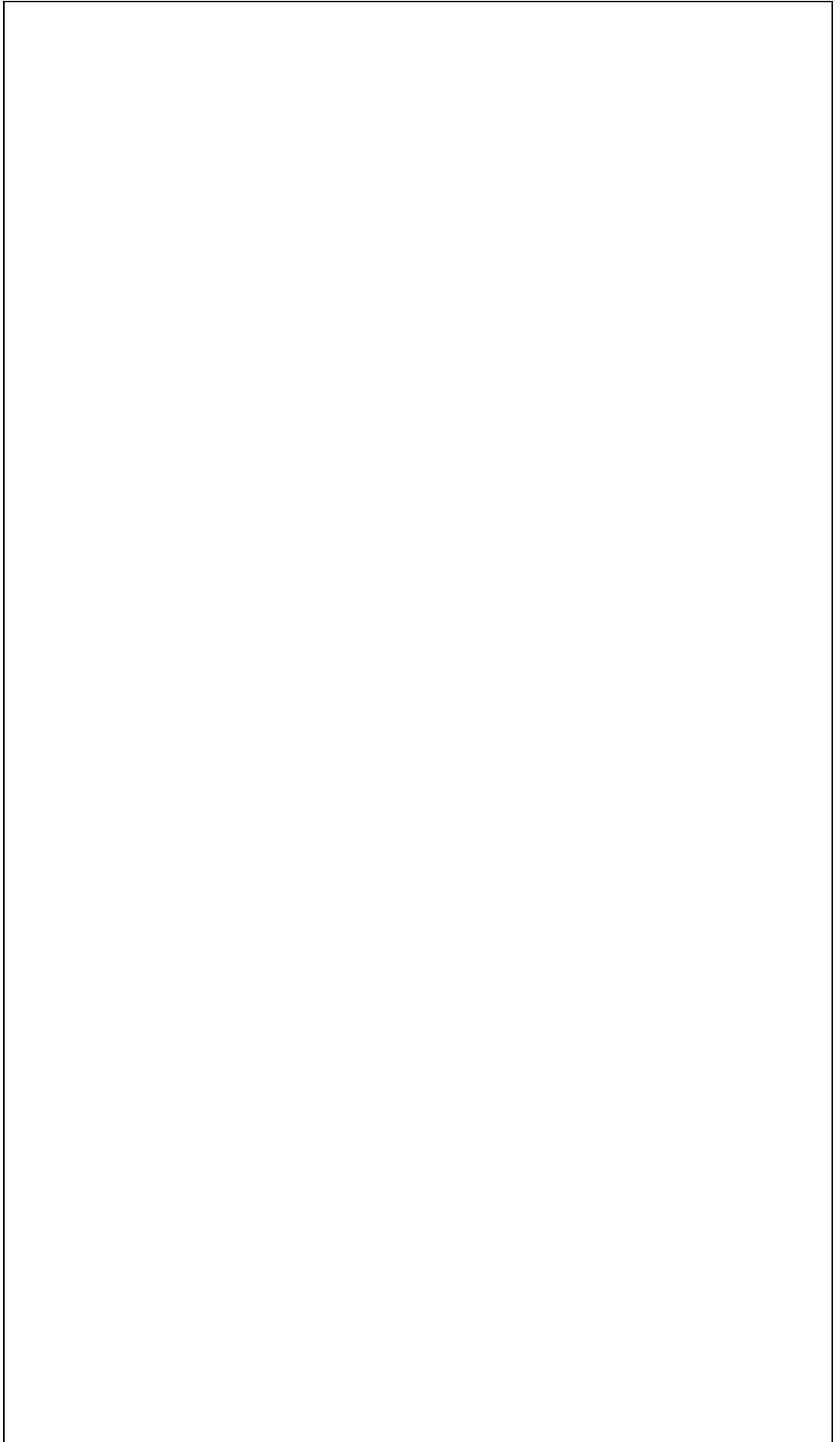
• Operating temperature (degrees): 0 to 400F

• All data recorded at 70-75 psig air supply.

8

Vacuum Pumps to produce specific results or to operate at specific input pressures are available. Contact Air-Vac or your local

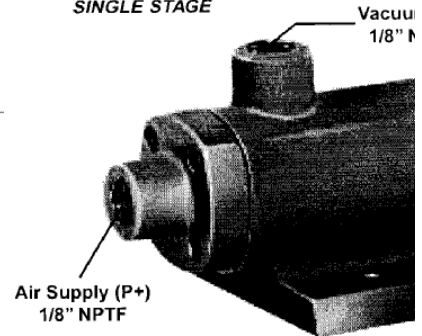
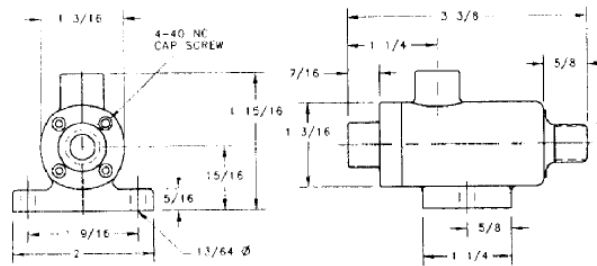
ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	2 de 2
----------------	--	---------------





AV SERIES DA

SINGLE STAGE



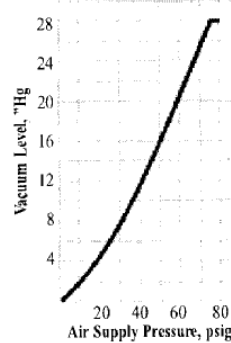
Simple Single Stage design efficiently generates vacuum. Rugged industrial design has no moving parts. Outperforms expensive Multistage pumps in material handling applications operating in 12-18" Hg vac

"H" Version

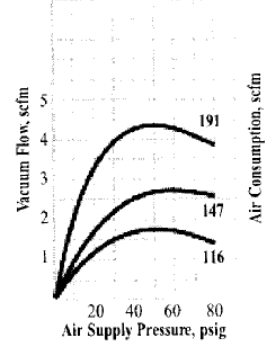
Produces vacuum levels up to 28.2" Hg and vacuum flow rates up to 4.3 scfm.

Model Number	AV116H	AV147H	AV191H
Vacuum Level, "Hg	28.0	28.2	28.2
Vacuum Flow, scfm	1.7	2.8	4.3
Air Consumption, scfm	2.7	4.3	8.1
Weight, oz.	6	6	6
Sound Level, dBA	70	72	82

Vacuum Level in a Closed System



Vacuum Flow Capability in an Open System



Time in Seconds to Evacuate a Volume of 1 Cubic Foot									
"Hg	1.5	3	6	9	12	15	18	21	24
AV116H	1.3	3.1	6.7	11.9	19.0	29.8	43	100	134
AV147H	.7	1.7	4.0	6.6	10.4	15.5	22	32.5	48
AV191H	.4	1.0	2.4	4.2	6.3	9.3	14.5	20.8	31.5

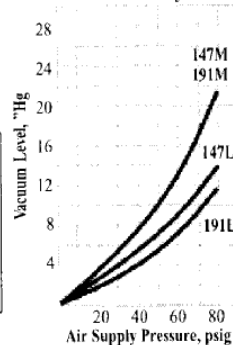
Vacuum Flow Rate, scfm vs. Vacuum						
"Hg	0	1.5	3	6	9	12
AV116H	1.7	1.49	1.41	1.21	1.0	.81
AV147H	2.8	2.6	2.37	1.95	1.72	1.39
AV191H	4.3	4.0	3.63	3.02	2.62	2.33

"M" and "L" Versions

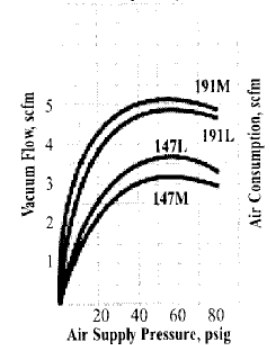
Produce medium and low vacuum levels and vacuum flow rates up to 5.2 scfm, *but with substantially lower levels of air consumption than the "H" versions.*

Model Number	AV147M	AV191M	AV147L	AV191L
Vacuum Level, "Hg	18.5	18.0	12.0	10.0
Vacuum Flow, scfm	3.1	5.2	3.6	4.8
Air Consumption, scfm	2.7	4.3	1.8	2.7
Weight, oz.	6	6	6	6
Sound Level, dBA	70	75	69	70

Vacuum Level in a Closed System



Vacuum Flow Capability in an Open System



Time in Seconds to Evacuate a Volume of 1 Cubic Foot								
"Hg	1.5	3	6	9	12	15	18	
AV147M	.7	1.5	3.7	6.3	10.3	17.7	41	
AV191M	.3	.7	2.0	3.4	5.5	9.5		
AV147L	.5	1.1	3.0	6.0				
AV191L	.3	.9	2.5	6.4				

Vacuum Flow Rate, scfm vs. Vacuum						
"Hg	0	1.5	3	6	9	12
AV147M	3.10	2.84	2.73	2.34	1.81	1.31
AV191M	5.20	4.54	4.10	3.31	2.80	2.08
AV147L	3.60	3.24	2.95	2.23	1.20	
AV191L	4.80	4.28	3.58	2.21	.63	

• Sound levels recorded with S147AV muffler, see page 24.
 • Materials of construction: anodized aluminum - other materials available.

• Operating temperature (degrees): 0 to 400 F
 • All data recorded at 70-75 psig air supply.

Vacuum Pumps to produce specific results or to operate at specific input pressures are available. Contact Air-Vac or your local authorized

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	1 de 26
----------------	--	----------------

USER GUIDE AND SPECIFICATIONS

USB-6008/6009

このドキュメントの日本語版については、ni.com/jp/manualsを参照してください。(For a Japanese language version, go to ni.com/jp/manuals.)

This guide describes how to use the National Instruments USB-6008/6009 data acquisition (DAQ) devices and lists specifications.

Introduction

The NI USB-6008/6009 provides connection to eight analog input channels, two analog output (AO) channels, 12 digital input channels, and a 32-bit counter with a full-speed USB interface.



Note This manual revision updates naming conventions to reflect the conventions of NI-DAQmx. Table 1 notes the correlation between the old and updated names.

Table 1. Digital Output Driver Type Naming Conventions

Hardware Functionality	NI-DAQmx Terminology
Open-drain	Open collector
Push-pull	Active driver



ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	10 de 26
----------------	--	---------------------

Signal Descriptions

Table 5 describes the signals available on the I/O connectors.

Table 5. Signal Descriptions

Signal Name	Reference	Direction	Description
GND	—	—	Ground —The reference point for the single-ended AI measurements, bias current return point for differential measurements, AO voltages, digital signals at the I/O connector, +5 VDC supply, and the +2.5 VDC reference.
AI <0..7>	Varies	Input	Analog Input Channels 0 to 7 —For single-ended measurements, each signal is an analog input voltage channel. For differential measurements, AI 0 and AI 1 are the positive and negative inputs of differential analog input channel 0. The following signal pairs also form differential input channels: <AI 1, AI 5>, <AI 2, AI 6>, and <AI 3, AI 7>.
AO 0	GND	Output	Analog Channel 0 Output —Supplies voltage output of AO channel 0.
AO 1	GND	Output	Analog Channel 1 Output —Supplies voltage output of AO channel 1.
P1.<0..3> P0.<0..7>	GND	Input or Output	Digital I/O Signals —You can individually configure each signal as an input or output.
+2.5 V	GND	Output	+2.5 V External Reference —Provide reference for wrap-back testing.
+5 V	GND	Output	+5 V Power Source —Provides +5 V power up to 200 mA.
PFI 0	GND	Input	PFI 0 —This pin is configurable as either a digital trigger or an event counter input.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	11 de 26
----------------	--	---------------------

Analog Input

You can connect analog input signals to the USB-6008/6009 through I/O connector. Refer to Table 5 for more information about connecting analog input signals.

Analog Input Circuitry

Figure 5 illustrates the analog input circuitry of the USB-6008/6009.

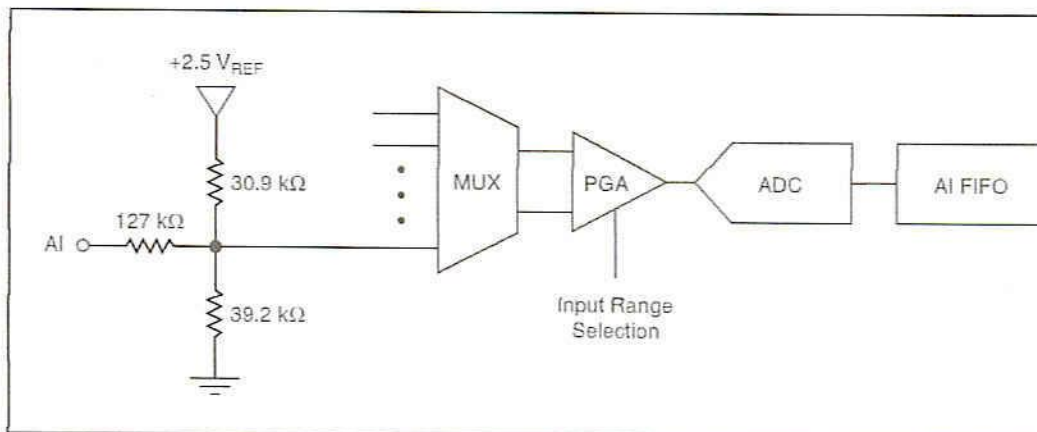


Figure 5. Analog Input Circuitry

MUX

The USB 6008/6009 has one analog-to-digital converter (ADC). The multiplexer (MUX) routes one AI channel at a time to the PGA.

PGA

The programmable-gain amplifier provides input gains of 1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, or 20 when configured for differential measurements and gain of 1 when configured for single-ended measurements. The PGA gain is automatically calculated based on the voltage range selected in the measurement application.

A/D Converter

The analog-to-digital converter (ADC) digitizes the AI signal by converting the analog voltage into a digital code.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	12 de 26
----------------	--	---------------------

AI FIFO

The USB-6008/6009 can perform both single and multiple A/D conversions of a fixed or infinite number of samples. A first-in-first-out (FIFO) buffer holds data during AI acquisitions to ensure that no data is lost.

Analog Input Modes

You can configure the AI channels on the USB-6008/6009 to take single-ended or differential measurements. Refer to Table 5 for more information about I/O connections for single-ended or differential measurements.

Connecting Differential Voltage Signals

For differential signals, connect the positive lead of the signal to the AI+ terminal, and the negative lead to the AI- terminal.

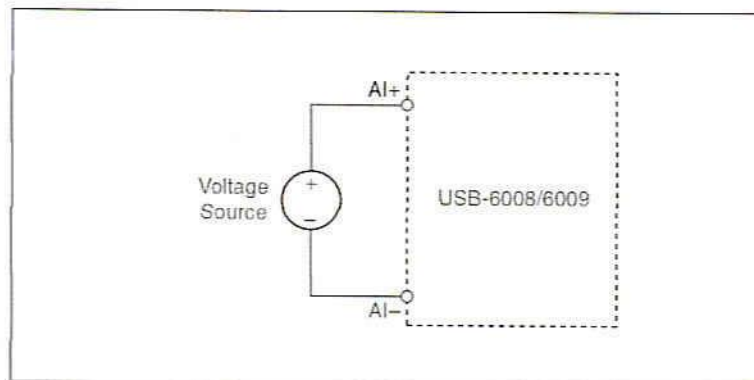


Figure 6. Connecting a Differential Voltage Signal

The differential input mode can measure ± 20 V signals in the ± 20 V range. However, the maximum voltage on any one pin is ± 10 V with respect to GND. For example, if AI 1 is +10 V and AI 5 is -10 V, then the measurement returned from the device is +20 V.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	13 de 26
----------------	--	---------------------

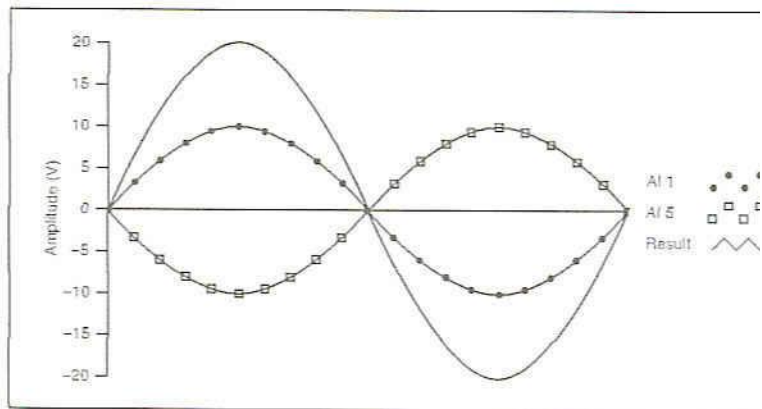


Figure 7. Example of a Differential 20 V Measurement

Connecting a signal greater than ± 10 V on either pin results in a clipped output.

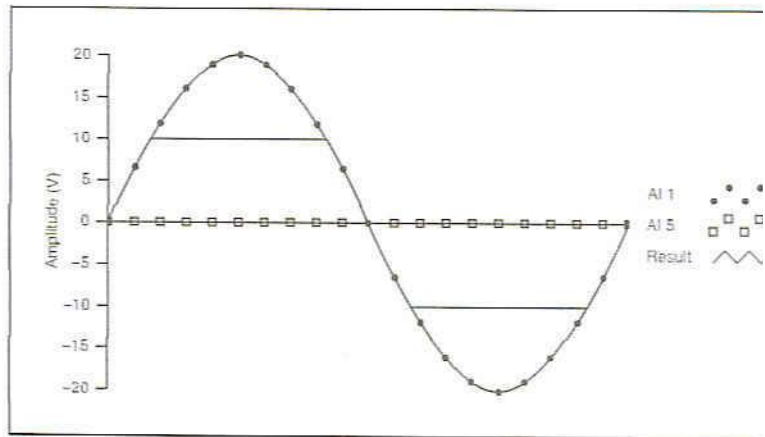


Figure 8. Exceeding +10 V on AI Returns Clipped Output

Connecting Reference Single-Ended Voltage Signals

To connect reference single-ended voltage signals (RSE) to the USB-6008/6009, connect the positive voltage signal to the desired AI terminal, and the ground signal to a GND terminal.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	14 de 26
----------------	--	---------------------

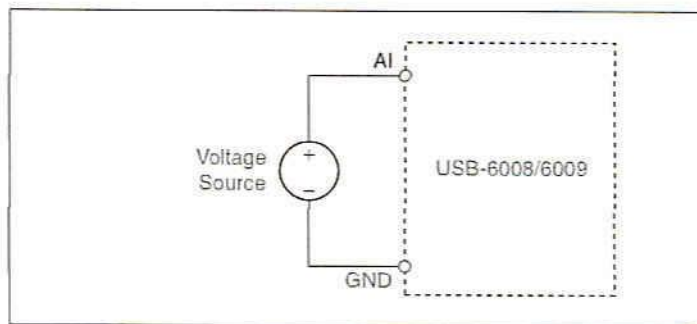


Figure 9. Connecting a Reference Single-Ended Voltage Signal

Digital Trigger

When an AI task is defined, you can configure PFI 0 as a digital input. When the digital trigger is enabled, the AI task waits for a rising edge on PFI 0 before starting the acquisition. To use ai/Start Trigger v digital source, specify PFI 0 as the source and select rising edge.

Analog Output

The USB-6008/6009 has two independent AO channels that can output from 0–5 V. All updates of AO lines are software-timed.

Analog Output Circuitry

Figure 10 illustrates the analog output circuitry for the USB-6009.

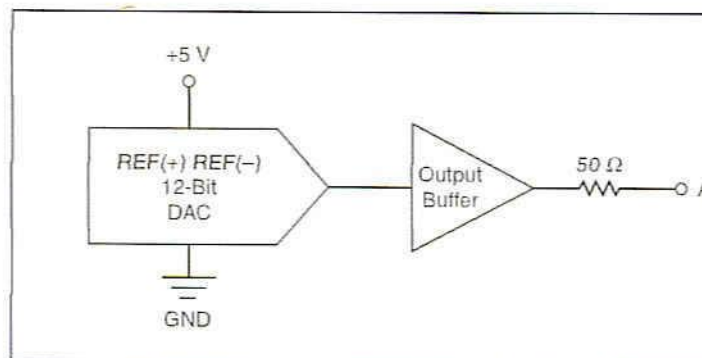


Figure 10. Analog Output Circuitry

DACs

Digital-to-analog converters (DACs) convert digital codes to analog voltages.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	15 de 26
----------------	--	---------------------

Connecting Analog Output Loads

To connect loads to the USB-6008/6009, connect the positive lead of the load to the AO terminal, and connect the ground of the load to a GND terminal.

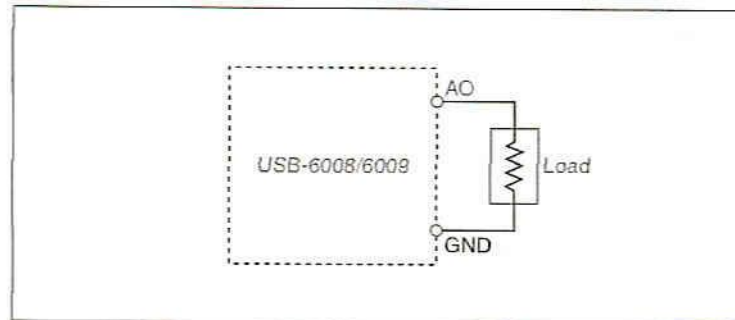


Figure 11. Connecting a Load

Minimizing Glitches on the Output Signal

When you use a DAC to generate a waveform, you may observe glitch on the output signal. These glitches are normal; when a DAQ switches one voltage to another, it produces glitches due to released charges. The largest glitches occur when the most significant bit of the DAC code changes. You can build a lowpass deglitching filter to remove some of these glitches, depending on the frequency and nature of the output signal. Refer to ni.com/support for more information about minimizing glitches.

Digital I/O

The USB-6008/6009 has 12 digital lines, P0.<0..7> and P1.<0..3>, which comprise the DIO port. GND is the ground-reference signal for the DIO port. You can individually program all lines as inputs or outputs.

Digital I/O Circuitry

Figure 12 shows P0.<0..7> connected to example signals configured as digital inputs and digital outputs. You can configure P1.<0..3> similarly.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	16 de 26
----------------	--	---------------------

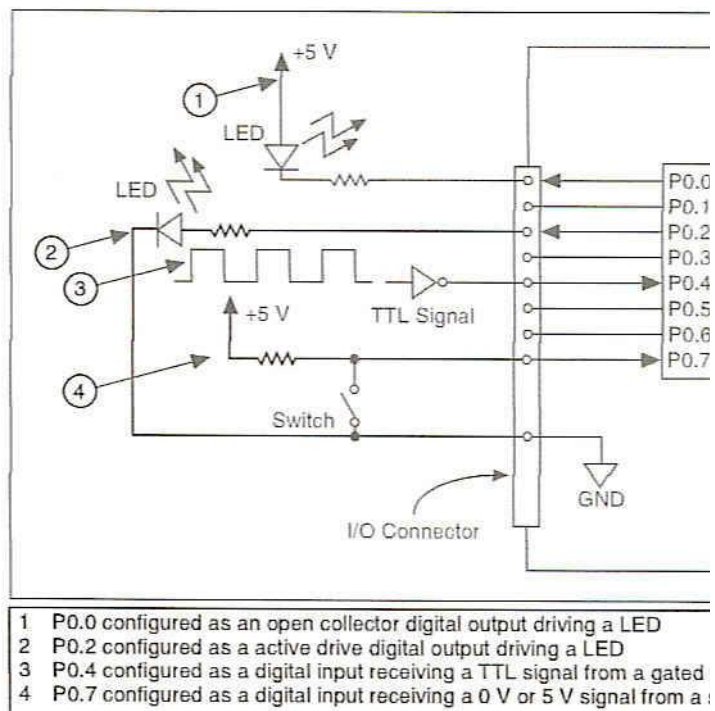


Figure 12. Example of Connecting a Load



Caution Exceeding the maximum input voltage ratings or maximum output rating are listed in the *Specifications* section, can damage the DAQ device and the computer. National Instruments is not liable for any damage resulting from such signal connections.

Source/Sink Information

The default configuration of the USB-6008/6009 DIO ports is open collector, allowing 5 V operation, with an onboard 4.7 k Ω pull-up. An external, user-provided, pull-up resistor can be added to increase source current drive up to a 8.5 mA limit per line as shown in Figure 12.

The USB-6009 ports can also be configured as active drive using the DAQmx API, allowing 3.3 V operation with a source/sink current of ± 8.5 mA. Refer to the *NI-DAQmx Help* for more information about how to set the DIO configuration.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	17 de 26
----------------	--	---------------------

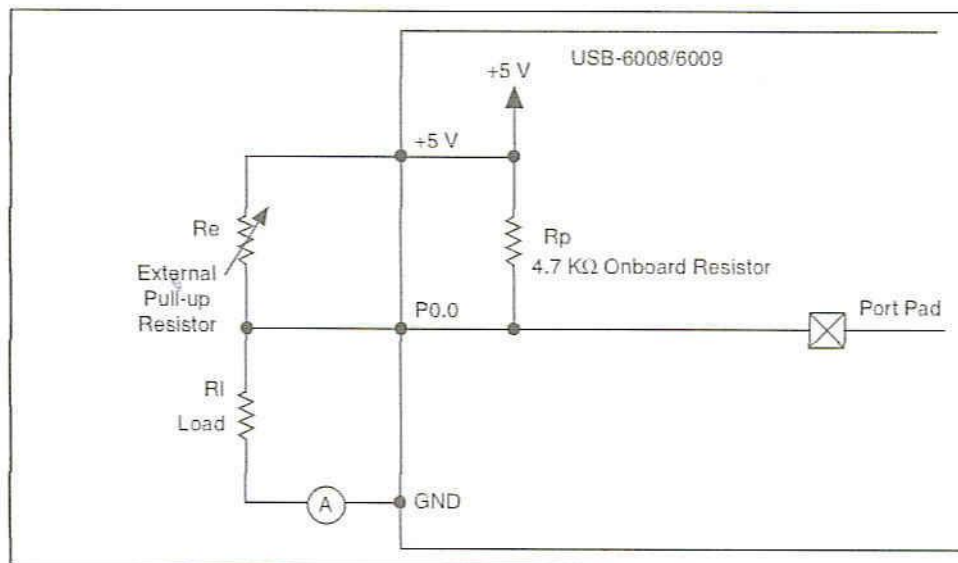


Figure 13. Example of Connecting External User-Provided Resistor

Complete the following steps to determine the value of the user pull-up resistor:

1. Place an ammeter in series with the load.
2. Place a variable resistor between the digital output line and the +5V supply.
3. Adjust the variable resistor until the ammeter current read intended current. The intended current must be less than 8 mA.
4. Remove the ammeter and variable resistor from your circuit.
5. Measure the resistance of the variable resistor. The measured resistance is the ideal value of the pull-up resistor.
6. Select a static resistor value for your pull-up resistor that is equal to or greater than the ideal resistance.
7. Re-connect the load circuit and the pull-up resistor.

I/O Protection

To protect the USB-6008/6009 against overvoltage, undervoltage, overcurrent conditions, as well as ESD events, you should avoid these conditions by using the following guidelines:

- If you configure a DIO line as an output, do not connect it to an external signal source, ground signal, or power supply.
- If you configure a DIO line as an output, understand the current requirements of the load connected to these signals. Do not exceed the specified current output limits of the DAQ device.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	18 de 26
----------------	--	---------------------

National Instruments has several signal conditioning solutions for digital applications requiring high current drive.

- If you configure a DIO line as an input, do not drive the line with voltages outside of its normal operating range. The DIO line has a smaller operating range than the AI signals.
- Treat the DAQ device as you would treat any static sensitive device. Always properly ground yourself and the equipment when touching the DAQ device or connecting to it.

Power-On States

At system startup and reset, the hardware sets all DIO lines to high-impedance inputs. The DAQ device does not drive the signals low. Each line has a weak pull-up resistor connected to it.

Static DIO

Each of the USB-6008/6009 DIO lines can be used as a static DIO line. You can use static DIO lines to monitor or control digital signals. Samples of static DI lines and updates of DO lines are software-timed.

Event Counter

You can configure PFI 0 as a source for a gated inverter counter in a count task. In this mode, falling-edge events are counted using a counter. For more information about event timing requirements, refer to the *Specifications* section.

Reference and Power Sources

The USB-6008/6009 creates an external reference and supplies a power source. All voltages are relative to COM unless otherwise noted.

+2.5 External References

The USB-6008/6009 creates a high-purity reference voltage supplied to the ADC using a multi-state regulator, amplifier, and filter circuit. The resulting +2.5 V reference voltage can be used as a signal for selected channels.

+5 V Power Source

The USB-6008/6009 supplies a 5 V, 200 mA output. This source can be used to power external components.



Note While the device is in USB suspend, the output is disabled.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	19 de 26
----------------	--	---------------------

Specifications

The following specifications are typical at 25 °C, unless otherwise noted.

Analog Input

Converter type	Successive approximation
Analog inputs	8 single-ended, 4 differential; software selectable
Input resolution	
USB-6008	12 bits differential, 11 bits single-ended
USB-6009	14 bits differential, 13 bits single-ended
Max sampling rate ¹	
USB-6008	10 kS/s
USB-6009	48 kS/s
AI FIFO	512 bytes
Timing resolution	41.67 ns (24 MHz timebase)
Timing accuracy	100 ppm of actual sample rate
Input range	
Single-ended	±10 V
Differential	±20 V, ±10 V, ±5 V, ±4 V, ±2.5 V, ±2 V, ±1.25 V, ±1 V
Working voltage	±10 V
Input impedance	144 kΩ
Overvoltage protection	±35
Trigger source	Software or external digital trigger

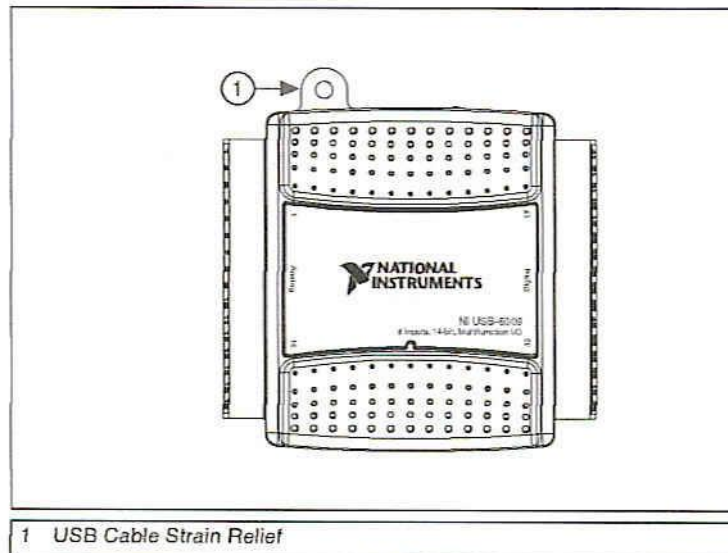
¹ System dependent.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	2 de 26
----------------	--	----------------

Table 2. Differences Between the USB-6008 and USB-6009

<i>Feature</i>	<i>USB-6008</i>	<i>USB-6009</i>
AI Resolution	12 bits differential, 11 bits single-ended	14 bits differential, 13 bits single-ended
Maximum AI Sample Rate, Single Channel*	10 kS/s	48 kS/s
Maximum AI Sample Rate, Multiple Channels (Aggregate)*	10 kS/s	48 kS/s
DIO Configuration	Open collector	Open collector or active

* System dependent.



1 USB Cable Strain Relief

Figure 1. USB-6008/6009

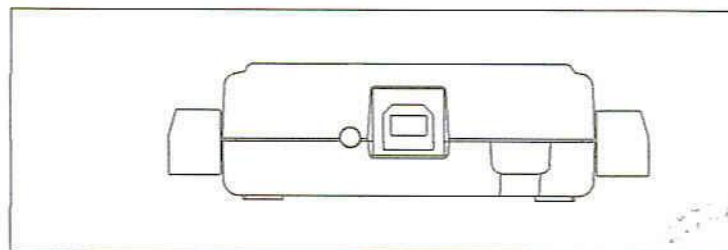


Figure 2. USB-6008/6009 Back View

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	20 de 26
----------------	--	---------------------

System noise¹

Single-ended

±10 V range5 mVrms

Differential

±20 V range5 mVrms

±1 V range0.5 mVrms

Absolute accuracy at full scale, single ended

Range	Typical at 25 °C (mV)	Maximum over Temperature (mV)
±10	14.7	138

Absolute accuracy at full scale, differential¹

Range	Typical at 25 °C (mV)	Maximum over Temperature (mV)
±20	14.7	138
±10	7.73	84.8
±5	4.28	58.4
±4	3.59	53.1
±2.5	2.56	45.1
±2	2.21	42.5
±1.25	1.70	38.9
±1	1.53	37.5

¹ Input voltages may not exceed the working voltage range.

Analog Output

Converter typeSuccessive approximation

Analog outputs2

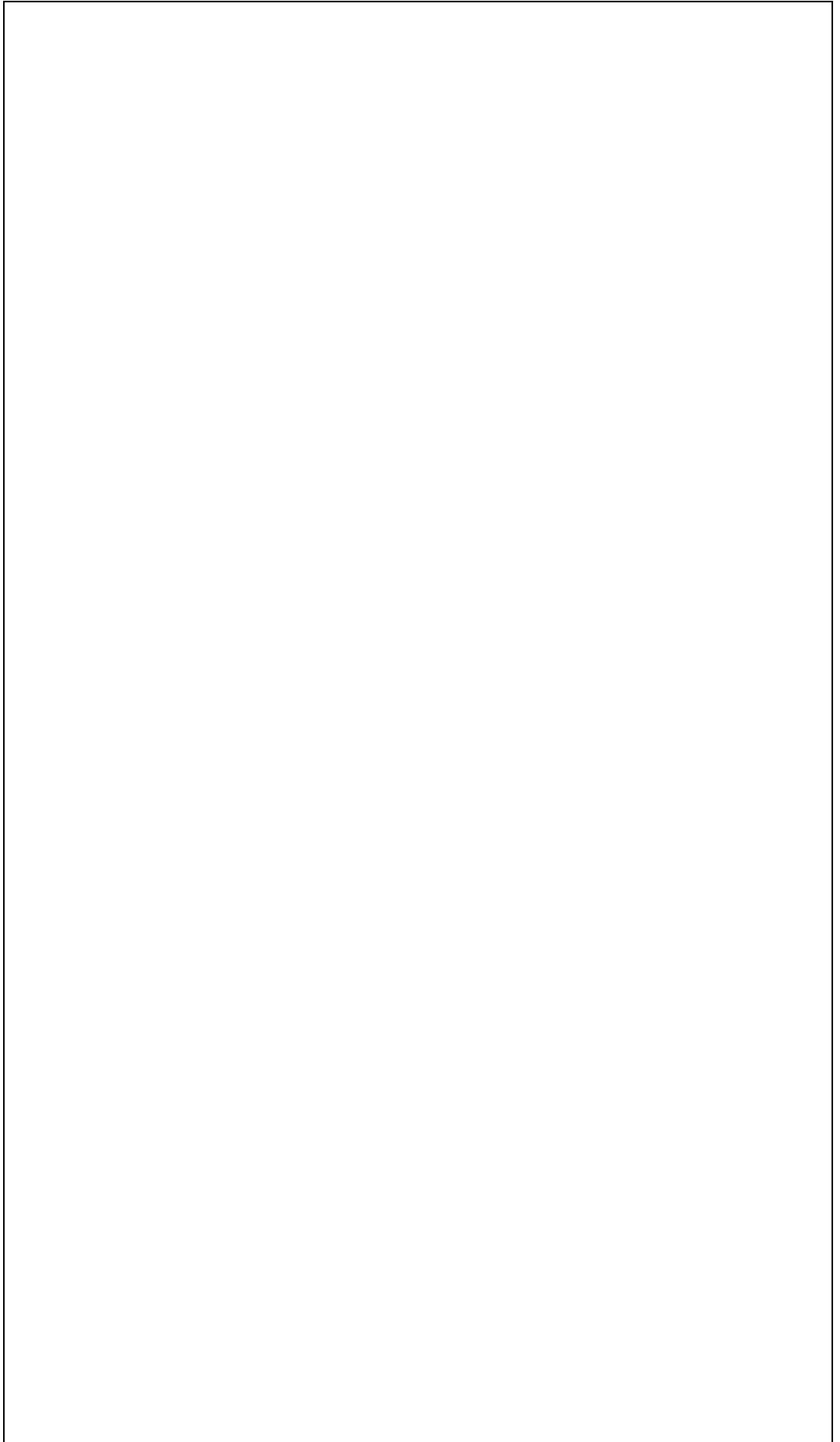
Output resolution12 bits

Maximum update rate150 Hz, software-timed

Output range0 to +5 V

¹ System noise measured at maximum sample rate.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	21 de 26
----------------	--	---------------------



Output impedance	50 Ω
Output current drive	5 mA
Power-on state	0 V
Slew rate	1 V/ μ s
Short circuit current	50 mA
Absolute accuracy (no load)	7 mV typical, 36.4 mV max at full scale

Digital I/O

Digital I/O	
P0.<0..7>	8 lines
P1.<0..3>	4 lines
Direction control	Each channel individually programmable as input or
Output driver type	
USB-6008	Open collector (open-drain)
USB-6009	Each channel individually programmable as active drain (push-pull) or open collector (open-drain)
Compatibility	TTL, LVTTTL, CMOS
Absolute maximum voltage range	-0.5 to 5.8 V with respect to
Pull-up resistor	4.7 k Ω to 5 V
Power-on state	Input

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	22 de 26
----------------	--	---------------------

Digital logic levels

Level	Min	Max	Unit
Input low voltage	-0.3	0.8	V
Input high voltage	2.0	5.8	V
Input leakage current	—	50	μA
Output low voltage (I = 8.5 mA)	—	0.8	V
Output high voltage			
Active drive (push-pull), I = -8.5 mA	2.0	3.5	V
Open collector (open-drain), I = -0.6 mA, nominal	2.0	5.0	V
Open collector (open-drain), I = -8.5 mA, with external pull-up resistor	2.0	—	V

External Voltage

+5 V output (200 mA maximum).....	+5 V typical, +4.85 V min
+2.5 V output (1 mA maximum).....	+2.5 V typical
+2.5 V accuracy.....	0.25% max
Reference temperature drift.....	50 ppm/°C max

Counter

Number of counters.....	1
Resolution.....	32 bits
Counter measurements.....	Edge counting (falling-edge)
Counter direction.....	Count up
Pull-up resistor.....	4.7 kΩ to 5 V
Maximum input frequency.....	5 MHz
Minimum high pulse width.....	100 ns
Minimum low pulse width.....	100 ns
Input high voltage.....	2.0 V
Input low voltage.....	0.8 V

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	23 de 26
----------------	--	---------------------

Bus Interface

USB specification	USB 2.0 full-speed
USB bus speed	12 Mb/s

Power Requirements

USB	
4.10 to 5.25 VDC	80 mA typical, 500 mA
USB suspend	300 μ A typical, 500 μ A

Physical Characteristics

If you need to clean the module, wipe it with a dry towel.

Dimensions

Without connectors	6.35 cm \times 8.51 cm \times 2.54 cm (2.50 in. \times 3.35 in. \times 1.00 in.)
With connectors	8.18 cm \times 8.51 cm \times 2.54 cm (3.22 in. \times 3.35 in. \times 1.00 in.)

I/O connectors	USB series B receptacle (2) 16 position terminal block plug headers
----------------------	---

Weight

With connectors	84 g (3 oz)
Without connectors	54 g (1.9 oz)

Screw-terminal wiring	16 to 28 AWG
-----------------------------	--------------

Torque for screw terminals	0.22–0.25 N \cdot m (2.0–2.2 lb \cdot in.)
----------------------------------	---

Safety

Standards

The USB-6008/6009 is designed to meet the requirements of the standards of safety for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- IEC 61010-1, EN 61010-1
- UL 61010-1
- CAN/CSA-C22.2 No. 61010-1

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	24 de 26
----------------	--	---------------------



Note For UL and other safety certifications, refer to the product label, or visit ni.com/certification, search by model number or product line, and click appropriate link in the Certification column.

Voltages

Connect only voltages that are within these limits.

Channel-to-GND±30 V max.
Measurement Category

Measurement Category I is for measurements performed on circuits directly connected to the electrical distribution system referred to as MAINS voltage. MAINS is a hazardous live electrical supply system that powers equipment. This category is for measurements of voltage on specially protected secondary circuits. Such voltage measurements include signal levels, special equipment, limited-energy parts of equipment, and circuits powered by regulated low-voltage sources, and electronic



Caution Do not use this module for connection to signals or for measurements on Measurement Categories II, III, or IV.

Hazardous Locations

The USB-6008/6009 are not certified for use in hazardous locations.

Environmental

The USB-6008/6009 device is intended for indoor use only.

Operating temperature
(IEC 60068-2-1 and IEC 60068-2-2).....0 to 55 °C

Operating humidity
(IEC 60068-2-56)5 to 95% RH, noncondensing

Maximum altitude.....2,000 m (at 25 °C ambient temperature)

Storage temperature
(IEC 60068-2-1 and IEC 60068-2-2).....-40 to 85 °C

Storage humidity
(IEC 60068-2-56)5 to 90% RH, noncondensing

Pollution Degree (IEC 60664).....2

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	25 de 26
----------------	--	---------------------

Electromagnetic Compatibility

Emissions	EN 55011 Class A at 10 m FCC Part 15A above 1 GHz
Immunity	Industrial levels per EN 61326:1997 + A2:2001 Table 1
EMC/EMI.....	CE, C-Tick, and FCC Part 1 (Class A) Compliant



Note The USB-6008/6009 may experience temporary variations in analog input read when exposed to radiated and conducted RF noise. The device returns to normal operation after RF exposure is removed.

CE Compliance

This product meets the essential requirements of applicable European Directives, as amended for CE marking, as follows:

Low-Voltage Directive (safety) 73/23/EEC

Electromagnetic Compatibility
Directive (EMC) 89/336/EEC



Note Refer to the Declaration of Conformity (DoC) for this product for any additional regulatory compliance information. To obtain the DoC for this product, visit ni.com/certification, search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

Where to Go for Support

The National Instruments Web site is your complete resource for technical support. At ni.com/support you have access to everything from troubleshooting and application development self-help resources to e-mail and phone assistance from NI Application Engineers.

A Declaration of Conformity (DoC) is our claim of compliance with the Council of the European Communities using the manufacturer's declaration of conformity. This system affords the user protection for electronic compatibility (EMC) and product safety. You can obtain the DoC for your product by visiting ni.com/certification. If your product supports calibration, you can obtain the calibration certificate for your product at ni.com/calibration.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	26 de 26
----------------	--	---------------------

National Instruments corporate headquarters is located at 11500 North Mopac Expressway, Austin, Texas, 78759-3504. National Instruments also has offices located around the world to help address your support needs. For telephone support in the United States create your service request at ni.com/support and follow the calling instructions or dial 512 795 8248. For telephone support outside the United States, contact your local branch office:

Australia 1800 300 800, Austria 43 0 662 45 79 90 0,
Belgium 32 0 2 757 00 20, Brazil 55 11 3262 3599,
Canada 800 433 3488, China 86 21 6555 7838,
Czech Republic 420 224 235 774, Denmark 45 45 76 26 00,
Finland 385 0 9 725 725 11, France 33 0 1 48 14 24 24,
Germany 49 0 89 741 31 30, India 91 80 41190000,
Israel 972 0 3 6393737, Italy 39 02 413091, Japan 81 3 5472 2970,
Korea 82 02 3451 3400, Lebanon 961 0 1 33 28 28,
Malaysia 1800 887710, Mexico 01 800 010 0793,
Netherlands 31 0 348 433 466, New Zealand 0800 553 322,
Norway 47 0 66 90 76 60, Poland 48 22 3390150,
Portugal 351 210 311 210, Russia 7 495 783 68 51,
Singapore 1800 226 5886, Slovenia 386 3 425 42 00,
South Africa 27 0 11 805 8197, Spain 34 91 640 0085,
Sweden 46 0 8 587 895 00, Switzerland 41 56 200 51 51,
Taiwan 886 02 2377 2222, Thailand 662 278 6777,
United Kingdom 44 0 1635 523545

National Instruments, NI, ni.com, and LabVIEW are trademarks of National Instruments Corporation. Refer to the *Terms of Use* section on ni.com/legal for more information about National Instruments trademarks. Other product and company names mentioned herein are trademarks or trade names of their respective companies. For patents covering National Instruments products, refer to the appropriate location: **Help-Patents** in your software, the `patents.txt` file on your CD, or ni.com/patents.

© 2004–2006 National Instruments Corporation. All rights reserved.

371303G-01

Not

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	3 de 26
----------------	--	----------------

Safety Guidelines



Caution Operate the hardware only as described in these operating instructions.

The following section contains important safety information that you follow when installing and using the USB-6008/6009.

Do not operate the USB-6008/6009 in a manner not specified in this document. Misuse of the device can result in a hazard. You can compromise the safety protection built into the device if the device is damaged in any way. If the device is damaged, contact National Instruments for repair.

Do not substitute parts or modify the device except as described in this document. Use the device only with the chassis, modules, accessories, and cables specified in the installation instructions. You must have all cover and filler panels installed during operation of the device.

Do not operate the device in an explosive atmosphere or where there are flammable gases or fumes. If you must operate the device in such an environment, it must be in a suitably rated enclosure.

If you need to clean the device, use a dry cloth. Make sure that the device is completely dry and free from contaminants before returning it to service.

Operate the device only at or below Pollution Degree 2. Pollution is foreign matter in a solid, liquid, or gaseous state that can reduce dielectric strength or surface resistivity. The following is a description of pollution degrees.

- Pollution Degree 1 means no pollution or only dry, nonconductive pollution occurs. The pollution has no influence.
- Pollution Degree 2 means that only nonconductive pollution occurs in most cases. Occasionally, however, a temporary conductivity can occur by condensation must be expected.
- Pollution Degree 3 means that conductive pollution occurs, or that nonconductive pollution occurs that becomes conductive due to condensation.

You must insulate signal connections for the maximum voltage for which the device is rated. Do not exceed the maximum ratings for the device. Do not install wiring while the device is live with electrical signals. Do not remove or add connector blocks when power is connected to the system. Avoid contact between your body and the connector block signal while swapping modules. Remove power from signal lines before connecting them to or disconnecting them from the device.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	4 de 26
----------------	--	----------------

Operate the device at or below the Measurement Category I¹. Measure circuits are subjected to working voltages² and transient stresses (overvoltage) from the circuit to which they are connected during measurement or test. Measurement categories establish standard implied withstand voltage levels that commonly occur in electrical distribution systems. The following is a description of measurement categories:

- Measurement Category I is for measurements performed on circuits not directly connected to the electrical distribution system referred to as MAINS³ voltage. This category is for measurements of voltage from specially protected secondary circuits. Such voltage measurements include signal levels, special equipment, limited-energy parts of equipment, circuits powered by regulated low-voltage sources, and electronics.
- Measurement Category II is for measurements performed on circuits directly connected to the electrical distribution system. This category refers to local-level electrical distribution, such as that provided by a standard wall outlet (for example, 115 V for U.S. or 230 V for Europe). Examples of Measurement Category II are measurements performed on household appliances, portable tools, and similar E Series devices.
- Measurement Category III is for measurements performed in the building installation at the distribution level. This category refers to measurements on hard-wired equipment such as equipment in fixed installations, distribution boards, and circuit breakers. Other examples are wiring, including cables, bus-bars, junction boxes, switches, socket-outlets in the fixed installation, and stationary motors with permanent connections to fixed installations.
- Measurement Category IV is for measurements performed at the primary electrical supply installation (<1,000 V). Examples include electricity meters and measurements on primary overcurrent protection devices and on ripple control units.

¹ Measurement Category as defined in electrical safety standard IEC 61010-1. Measurement Category is also referred to as Installation Category.

² Working Voltage is the highest rms value of an AC or DC voltage that can occur across any particular insulation.

³ MAINS is defined as a hazardous live electrical supply system that powers equipment. Suitably rated measuring circuits should be connected to the MAINS for measuring purposes.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	5 de 26
----------------	--	----------------

Software

Software support for the USB-6008/6009 for Windows 2000/XI provided by NI-DAQmx.

The NI-DAQmx CD contains example programs that you can use to start programming with the USB-6008/6009. Refer to the *NI-DAQmx USB Devices Getting Started Guide*, that shipped with your device, or also accessible from **Start»All Programs»National Instruments»NI-DAQ** for more information.



Note For information about non-Windows operating system support, refer to ni.com/info and enter `rddqld`.

VI Logger

The NI-DAQmx CD includes VI Logger Lite which is an easy-to-use, configuration-based tool specifically designed for data logging applications. The application is available at **Start»All Programs»National Instruments»VI Logger**.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	6 de 26
----------------	--	----------------

Hardware

The following block diagram shows key functional components of USB-6008/6009.

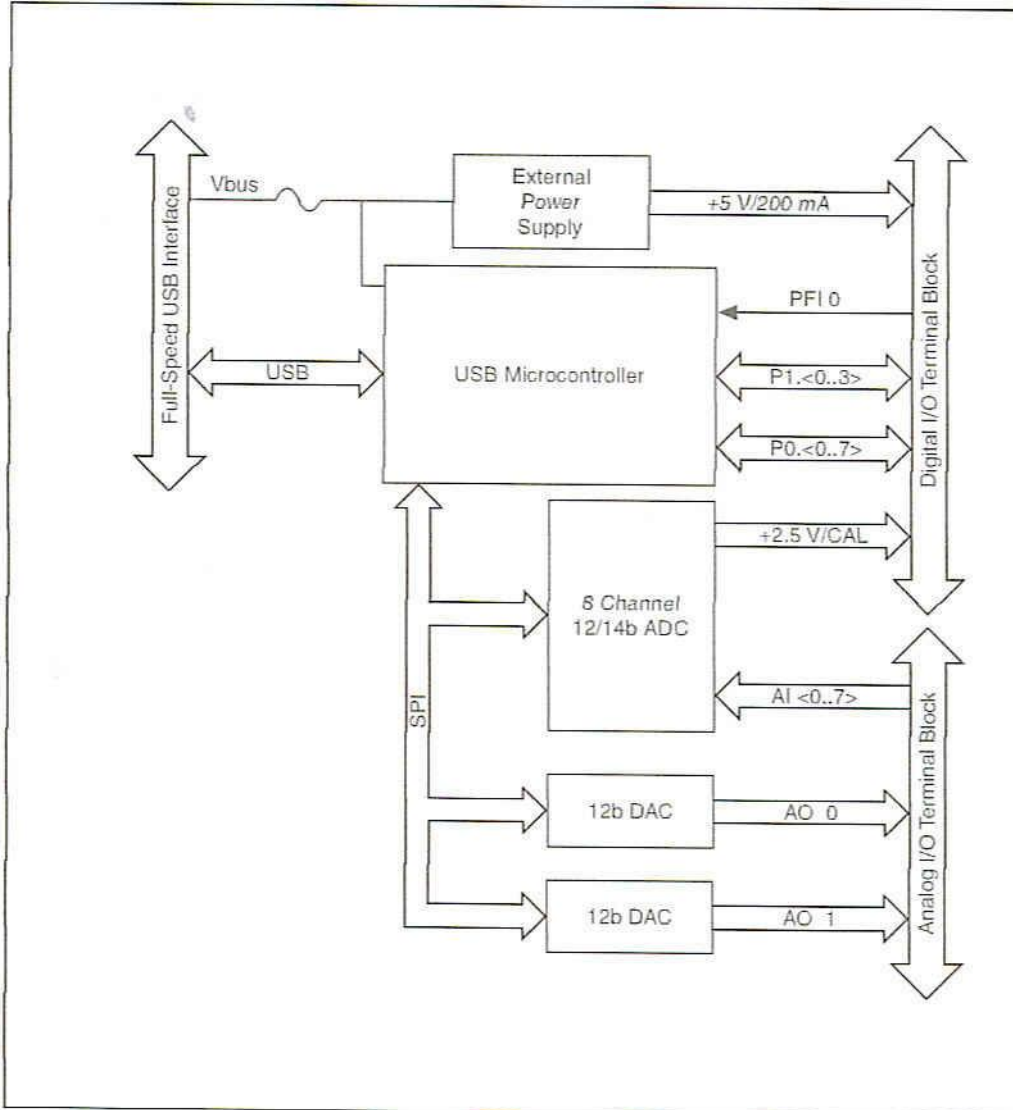


Figure 3. Device Block Diagram

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	7 de 26
----------------	--	----------------

Setting Up Hardware

Complete the following steps to set up the hardware:

1. Install combicon screw terminal blocks by inserting them into combicon jacks.



Note The USB-6008/6009 kit ships with signal labels. You can apply the signal labels to the screw terminal blocks for easy signal identification.

2. Refer to Table 3 and Figure 4 for signal label orientation and apply the provided signal labels to the screw terminal blocks. Until the signal labels are applied, you can insert the screw terminal blocks into the combicon jacks.

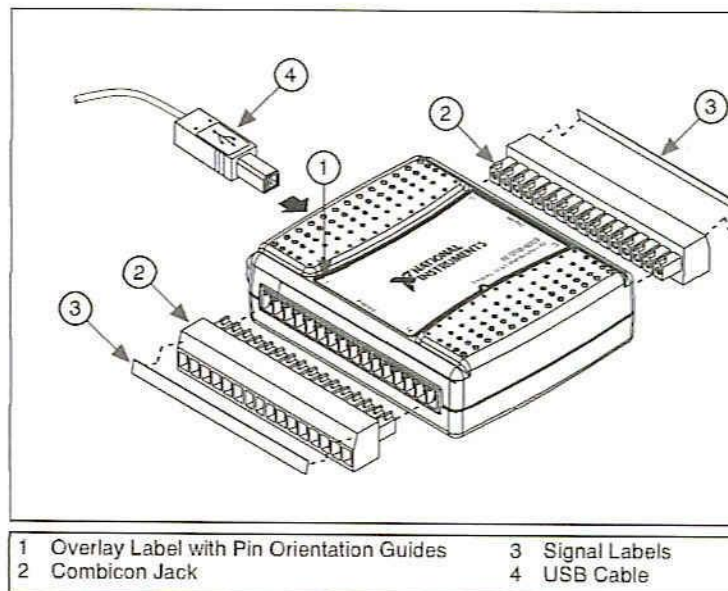


Figure 4. Signal Label Application Diagram



Note Once you label the screw terminal blocks, you must only insert them into the matching combicon jack, as indicated by the overlay label on the USB-6008/6009 device.

3. Connect the wiring to the appropriate screw terminals.

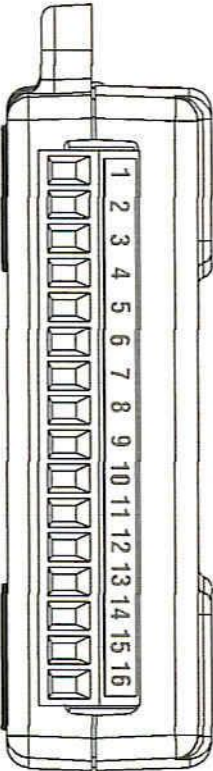
ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	8 de 26
----------------	--	----------------

I/O Connector

The USB-6008/6009 ships with one detachable screw terminal block for analog signals and one detachable screw terminal block for digital signals. These terminal blocks provide 16 connections that use 16 AWG to 28 AWG wire.

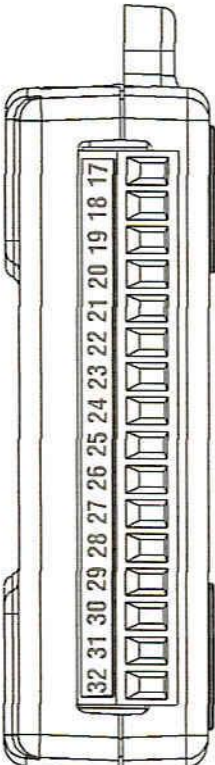
Table 3 lists the analog terminal assignments, and Table 4 lists the digital terminal assignments.

Table 3. Analog Terminal Assignments

Module	Terminal	Signal, Single-Ended Mode	Signal, Differential Mode
	1	GND	GND
	2	AI 0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0-
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1-
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2-
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3-
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	9 de 26
----------------	--	----------------

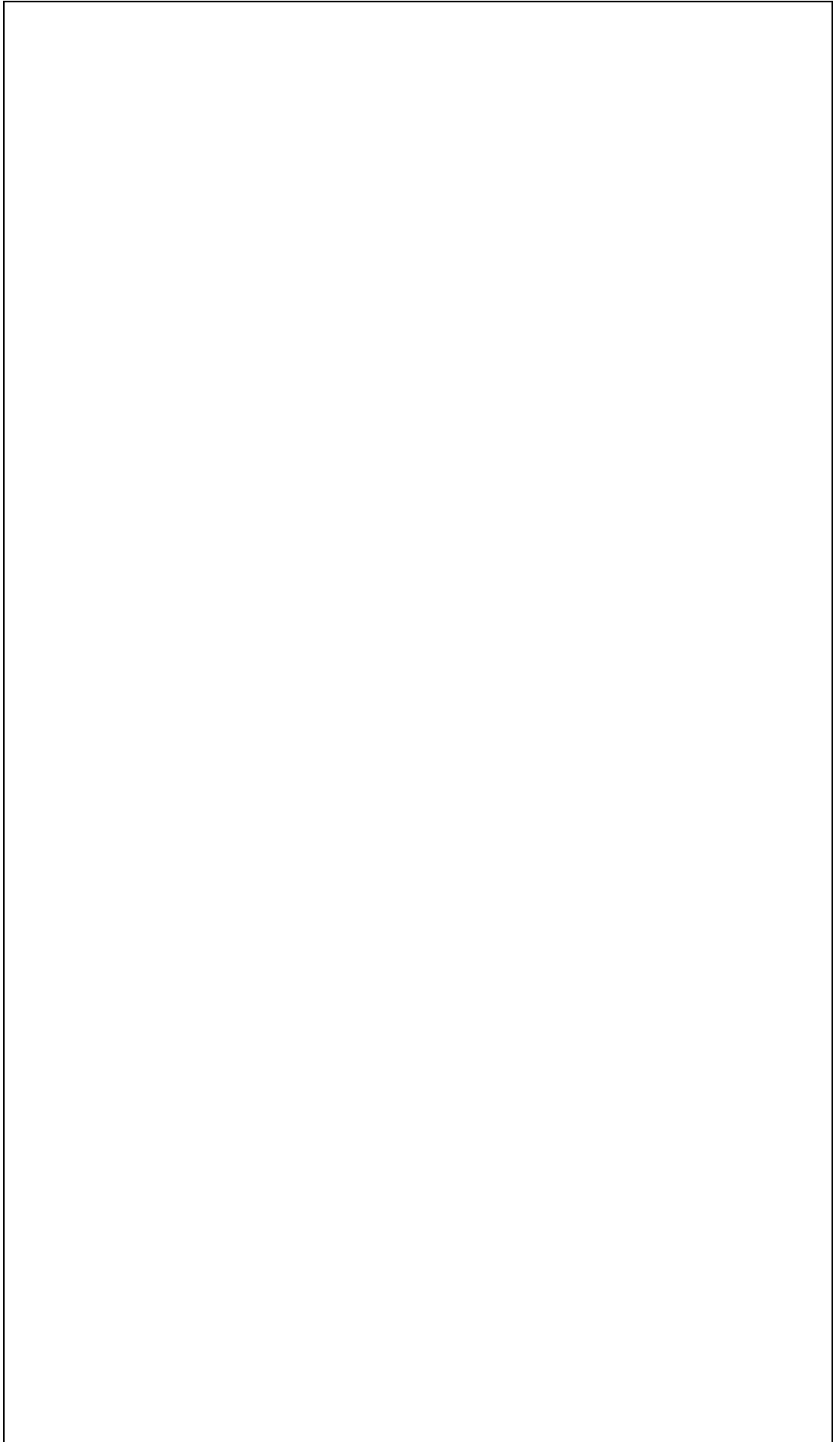
Table 4. Digital Terminal Assignments

Module	Terminal	Signal
	17	P0.0
	18	P0.1
	19	P0.2
	20	P0.3
	21	P0.4
	22	P0.5
	23	P0.6
	24	P0.7
	25	P1.0
	26	P1.1
	27	P1.2
	28	P1.3
	29	PFI 0
	30	+2.5 V
	31	+5 V
	32	GND

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	11 de 16
----------------	--	---------------------

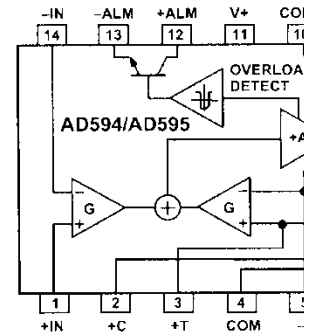
<p>es - Montaje</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ El funcionamiento del transmisor de presión PMC 131 es independiente de la orientación de montaje. ■ No retirar la protección del casquillo roscado hasta el momento previo a su instalación para evitar dañar la rosca o el diafragma de presión. ■ El transmisor de presión se deberá montar como un manómetro. El procedimiento es el mismo. Utilizar válvulas de corte y siñón. ■ Durante la instalación asegurar que no entre agua en la caja. ■ Observar los límites de utilización en oxígeno (para FKP Viton/O₂ según lista BAM). 	<p>it - Montaggio</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Il funzionamento del trasduttore PMC 131 non dipende dalla posizione di montaggio. ■ Per proteggere la filettatura e la membrana di pressione da eventuali danneggiamenti, eliminare il coperchio di protezione dell'ugello filettato solo immediatamente prima dell'installazione. ■ Il trasduttore di pressione deve essere montato come un manometro. Utilizzare solo valvole di arresto e tubi separatori d'acqua. ■ Durante l'installazione, assicurarsi che non entri acqua nella custodia. ■ Osservare i limiti operativi per ossigeno (per FKM Viton/O₂ in accordo con lista BAM). 	<p>nl - Montage</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Het functioneren van de PMC 131 is onafhankelijk van de montagepositie. ■ Ter bescherming van de buitendraad en het membraan moet de beschermhuis pas vlak voor de montage verwijderd worden. ■ De druktransmitter moet identiek als een manometer gemonteerd worden. De richtlijnen t.a.v. gebruik van afsluitkranen, afstandstukken en watersloten moeten worden aangehouden. ■ Bij installatie ervoor zorgen dat er geen water in de behuizing kan komen, ook niet via de connector/wartel. ■ Toepassingen in zuurstof bekijken (met FKM Viton/O₂ conform BAM lijst).
---	--	--

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	1 de 8
----------------	--	---------------



FEATURES

- Pretrimmed for Type J (AD594) or Type K (AD595) Thermocouples
- Can Be Used with Type T Thermocouple Inputs
- Low Impedance Voltage Output: 10 mV/°C
- Built-In Ice Point Compensation
- Wide Power Supply Range: +5 V to ±15 V
- Low Power: <1 mW typical
- Thermocouple Failure Alarm
- Laser Wafer Trimmed to 1°C Calibration Accuracy
- Setpoint Mode Operation
- Self-Contained Celsius Thermometer Operation
- High Impedance Differential Input
- Side-Brazed DIP or Low Cost Cerdip

FUNCTIONAL BLOCK

PRODUCT DESCRIPTION

The AD594/AD595 is a complete instrumentation amplifier and thermocouple cold junction compensator on a monolithic chip. It combines an ice point reference with a precalibrated amplifier to produce a high level (10 mV/°C) output directly from a thermocouple signal. Pin-strapping options allow it to be used as a linear amplifier-compensator or as a switched output setpoint controller using either fixed or remote setpoint control. It can be used to amplify its compensation voltage directly, thereby converting it to a stand-alone Celsius transducer with a low impedance voltage output.

The AD594/AD595 includes a thermocouple failure alarm that indicates if one or both thermocouple leads become open. The alarm output has a flexible format which includes TTL drive capability.

The AD594/AD595 can be powered from a single ended supply (including +5 V) and by including a negative supply, temperatures below 0°C can be measured. To minimize self-heating, an unloaded AD594/AD595 will typically operate with a total supply current 160 µA, but is also capable of delivering in excess of ±5 mA to a load.

The AD594 is precalibrated by laser wafer trimming to match the characteristic of type J (iron-constantan) thermocouples and the AD595 is laser trimmed for type K (chromel-alumel) inputs. The temperature transducer voltages and gain control resistors

are available at the package pins so that the thermocouple type or three resistors. These terminals also allow for recalibration for both thermocouple and the

The AD594/AD595 is available in two versions. The C and the A versions have calibration accuracies of ±3°C, respectively. Both are designed for a range of +50°C, and are available in 14-pin, hermetically sealed ceramic DIPs as well as low cost

PRODUCT HIGHLIGHTS

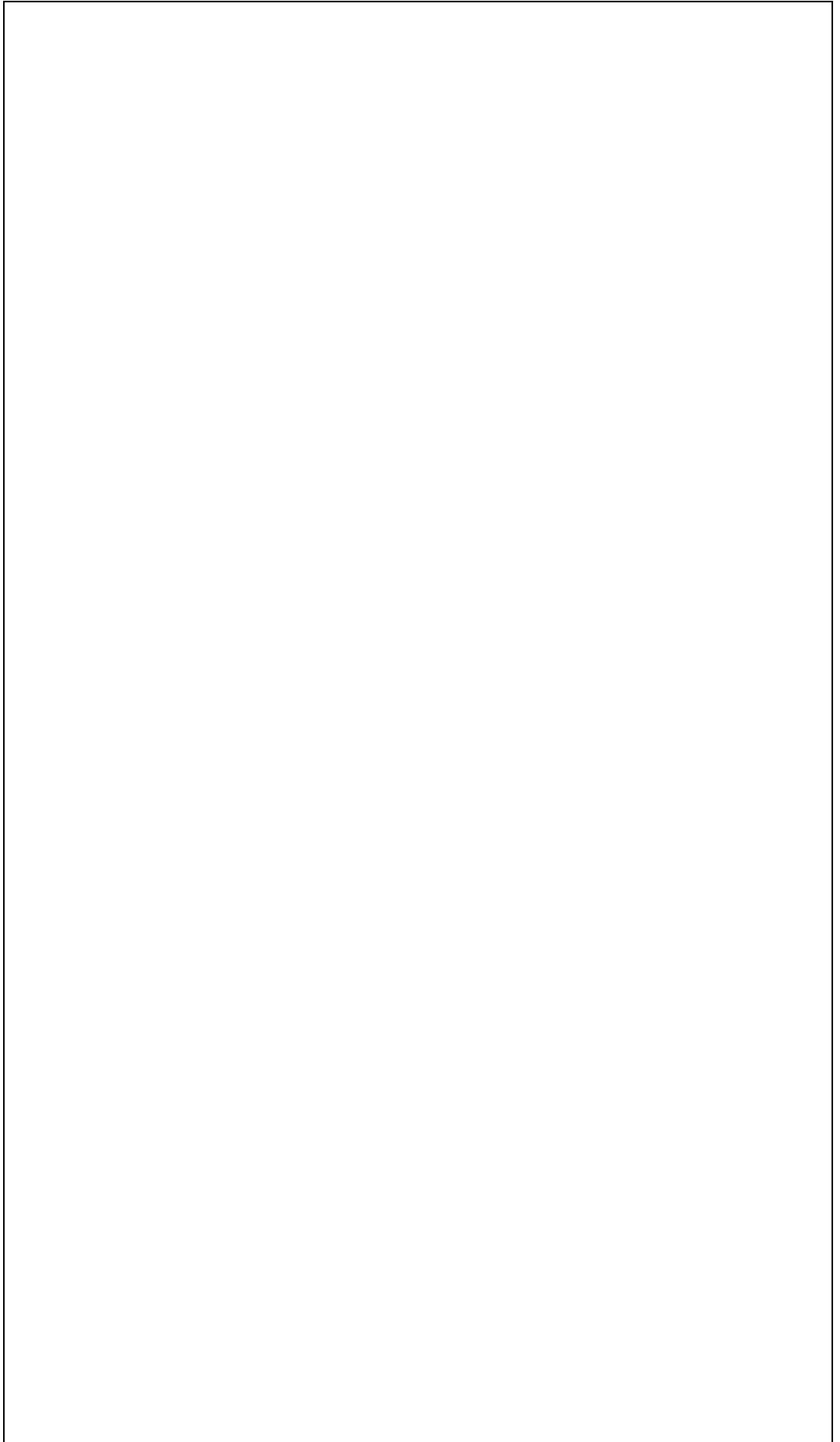
1. The AD594/AD595 provides cold junction compensation, and an output buffer.
2. Compensation, zero, and scale factor are controlled by laser wafer trimming (LWT) of each resistor.
3. Flexible pinout provides for operation as a setpoint controller or a stand-alone temperature transducer.
4. Operation at remote application sites with low quiescent current and a wide supply range of dual supplies spanning 30 V.
5. Differential input rejects common-mode thermocouple leads.

REV. C

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 01961
Tel: 781/329-4700 World Wide Web Site: www.analog.com
Fax: 781/326-8703

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	2 de 8
----------------	--	---------------



AD594/AD595—SPECIFICATIONS (@ +25°C and $V_S = 5\text{ V}$, Type J (AD594), Type K (AD595) unless otherwise noted)

Model	AD594A			AD594C			AD595A			AD595C	
	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ
ABSOLUTE MAXIMUM RATING (V_S to $-V_S$)			36			36			36		
Common-Mode Input Voltage	$-V_S - 0.15$		$+V_S$	$-V_S - 0.15$		$+V_S$	$-V_S - 0.15$		$+V_S$		$-V_S - 0.15$
Differential Input Voltage	$-V_S$		$+V_S$	$-V_S$		$+V_S$	$-V_S$		$+V_S$		$-V_S$
Alarm Voltages											
+ALM	$-V_S$		$-V_S + 36$	$-V_S$		$-V_S - 36$	$-V_S$		$-V_S + 36$		$-V_S$
-ALM	$-V_S$		$+V_S$	$-V_S$		$+V_S$	$-V_S$		$+V_S$		$-V_S$
Operating Temperature Range	55		+125	-55		+125	-55		+125		-55
Output Short Circuit to Common	Indefinite			Indefinite			Indefinite			Indefinite	
TEMPERATURE MEASUREMENT (Specified Temperature Range 0°C to +50°C)											
Calibration Error at +25°C ¹			±3			±1			±3		±0.05
Stability vs. Temperature ²			±0.05			±0.025			±0.05		±1.5
Gain Error			±1.5			±0.75			±1.5		±0.75
Nonlinear Transfer Function			10			10			10		10
AMPLIFIER CHARACTERISTICS											
Closed Loop Gain ³	193.4 (Temperature in °C) × 51.70 μV/°C			193.4 (Temperature in °C) × 51.70 μV/°C			247.3 (Temperature in °C) × 40.44 μV/°C			247.3 (Temperature in °C) × 40.44 μV/°C	
Input Offset Voltage			0.1			0.1			0.1		0.1
Input Bias Current											
Differential Input Range	-10		+50	-10		+50	-10		+50		-10
Common-Mode Range	$-V_S - 0.15$		$-V_S - 4$	$-V_S - 0.15$		$-V_S - 4$	$-V_S - 0.15$		$-V_S - 4$		$-V_S - 0.15$
Common-Mode Sensitivity – RTO			10			10			10		10
Power Supply Sensitivity – RTO			10			10			10		10
Output Voltage Range											
Dual Supply	$-V_S + 2.5$		$+V_S - 2$	$-V_S + 2.5$		$+V_S - 2$	$-V_S + 2.5$		$+V_S - 2$		$-V_S + 2.5$
Single Supply	0		$+V_S - 2$	0		$-V_S - 2$	0		$+V_S + 2$		0
Usable Output Current ⁴			±5			±5			±5		±5
1 dB Bandwidth			15			15			15		15
ALARM CHARACTERISTICS											
$V_{I(SAT)}$ at 2 mA			0.3			0.3			0.3		0.3
Leakage Current			±1			±1			±1		±1
Operating Voltage at ALM			$+V_S - 4$			$+V_S - 4$			$+V_S - 4$		$+V_S - 4$
Short Circuit Current			20			20			20		20
POWER REQUIREMENTS											
Specified Performance											
Operating ⁵	$+V_S = 5, -V_S = 0$			$+V_S = 5, -V_S = 0$			$+V_S = 5, -V_S = 0$				$+V_S = 5, -V_S = 0$
Quiescent Current (No Load)	$+V_S$ to $-V_S \leq 30$			$+V_S$ to $-V_S \leq 30$			$+V_S$ to $-V_S \leq 30$				$+V_S$ to $-V_S$
+ V_S	160		300	160		300	160		300		160
- V_S	100			100			100				100
PACKAGE OPTION											
TO-116 (D-14)	AD594AD			AD594CD			AD595AD			AD595C	
Cerchip (Q-11)	AD594AQ			AD594CQ			AD595AQ			AD595C	

NOTES

¹Calibrated for minimum error at +25°C using a thermocouple sensitivity of 51.7 μV/°C. Since a J type thermocouple deviates from this straight line approximation, read 3.1 mV when the measuring junction is at 0°C. The AD595 will similarly read 2.7 mV at 0°C.

²Defined as the slope of the line connecting the AD594/AD595 errors measured at 0°C and 50°C ambient temperature.

³Pin 8 shorted to Pin 9.

⁴Current Sink Capability in single supply configuration is limited to current drawn to ground through a 50 kΩ resistor at output voltages below 2.5 V.

⁵ $-V_S$ must not exceed -16.5 V.

Specifications shown in **boldface** are tested on all production units at final electrical test. Results from those tests are used to calculate outgoing quality levels. All m are guaranteed, although only those shown in **boldface** are tested on all production units.

Specifications subject to change without notice.

INTERPRETING AD594/AD595 OUTPUT VOLTAGES

To achieve a temperature proportional output of 10 mV/°C and accurately compensate for the reference junction over the rated operating range of the circuit, the AD594/AD595 is gain trimmed to match the transfer characteristic of J and K type thermocouples at 25°C. For a type J output in this temperature range the TC is 51.70 μV/°C, while for a type K it is 40.44 μV/°C. The resulting gain for the AD594 is 193.4 (10 mV/°C divided by 51.7 μV/°C) and for the AD595 is 247.3 (10 mV/°C divided by 40.44 μV/°C). In addition, an absolute accuracy trim induces an input offset to the output amplifier characteristic of 16 μV for the AD594 and 11 μV for the AD595. This offset arises because the AD594/AD595 is trimmed for a 250 mV output while applying a 25°C thermocouple input.

Because a thermocouple output voltage is nonlinear with respect to temperature, and the AD594/AD595 linearly amplifies the

compensated signal, the following transfer function is used to determine the actual output voltages:

$$AD594 \text{ output} = (\text{Type J Voltage} + 16 \mu\text{V}) \times$$

$$AD595 \text{ output} = (\text{Type K Voltage} + 11 \mu\text{V}) \times$$

$$\text{Type J voltage} = (AD594 \text{ output})/193.$$

$$\text{Type K voltage} = (AD595 \text{ output})/247.$$

Table I lists the ideal AD594/AD595 output of Celsius temperature for type J and K thermocouples, with the package and reference 25°C. As is normally the case, these outputs are subject to calibration, gain and temperature sensitivity error for intermediate temperatures can be interpolated using the output equations and ANSI thermocouple tables referred to zero degrees Celsius. Due to the alloy content between ANSI type J and I

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	3 de 8
----------------	--	---------------

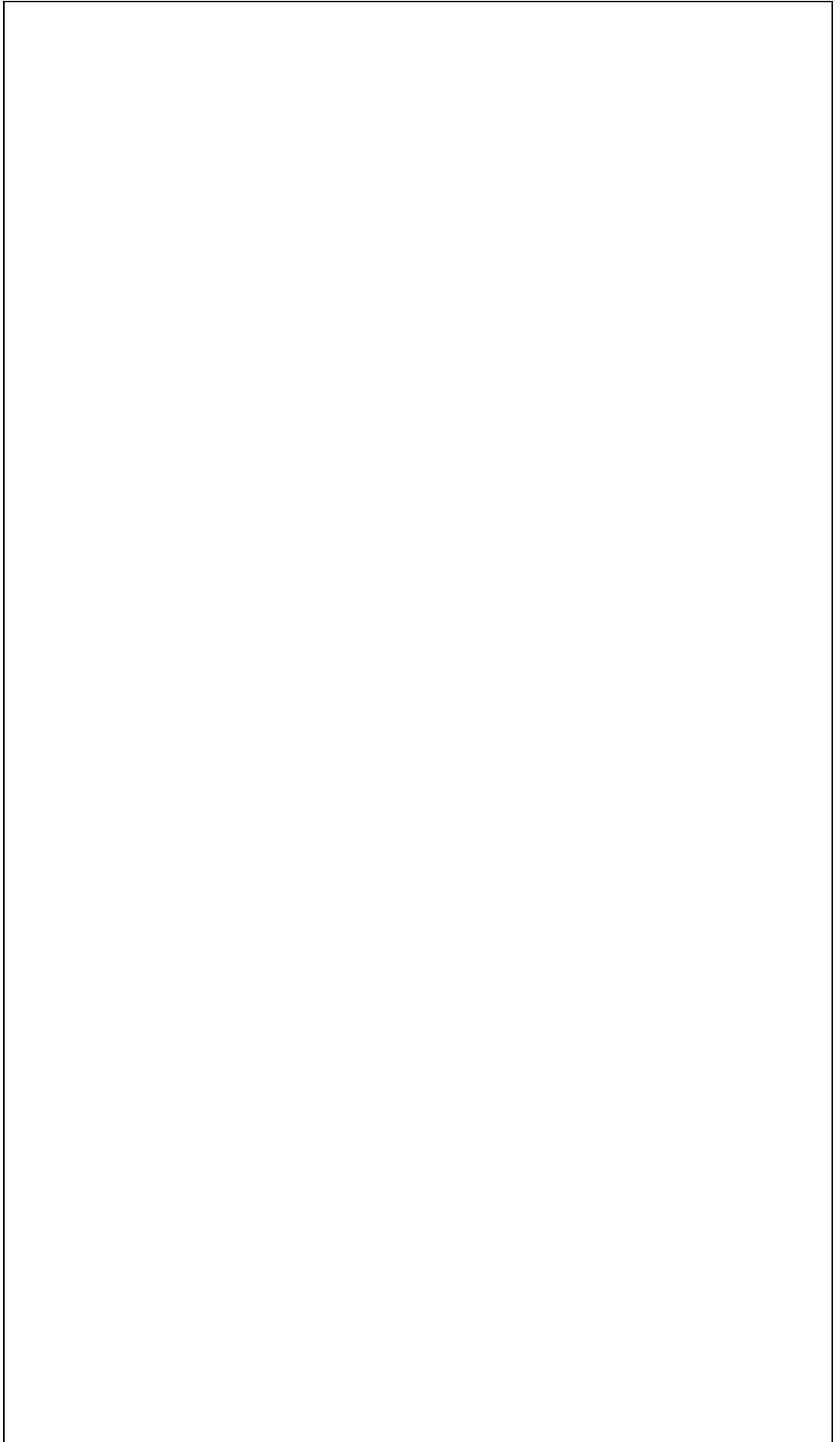


Table I. Output Voltage vs. Thermocouple Temperature (Ambient +25°C, $V_S = -5\text{ V}, +15\text{ V}$)

Thermocouple Temperature °C	Type J Voltage mV	AD594 Output mV	Type K Voltage mV	AD595 Output mV	Thermocouple Temperature °C	Type J Voltage mV	AD594 Output mV	Type K Voltage mV	AD595 Output mV
-200	-7.890	-1523	-5.891	-1454	500	27.388	5300	19.500	5000
-180	-7.402	-1428	-5.550	-1370	520	28.511	5517	19.800	5100
-160	-6.821	-1316	-5.141	-1269	540	29.642	5736	20.100	5200
-140	-6.159	-1188	-4.669	-1152	560	30.782	5956	20.400	5300
-120	-5.426	-1046	-4.138	-1021	580	31.933	6179	20.700	5400
-100	-4.632	-893	-3.553	-876	600	33.096	6404	21.000	5500
-80	-3.785	-729	-2.920	-719	620	34.273	6632	21.300	5600
-60	-2.892	-556	-2.243	-552	640	35.464	6862	21.600	5700
-40	-1.960	-376	-1.527	-375	660	36.671	7095	21.900	5800
-20	-0.995	-189	-0.777	-189	680	37.893	7332	22.200	5900
0	0	0	0	0	700	39.130	7571	22.500	6000
10	.507	101	.397	101	720	40.382	7813	22.800	6100
20	1.019	200	.798	200	740	41.647	8058	23.100	6200
25	1.277	250	1.000	250	760	42.833	8181	23.400	6300
30	1.536	300	1.203	300	780	-	-	23.700	6400
40	2.058	401	1.611	401	800	-	-	24.000	6500
50	2.585	503	2.022	503	820	-	-	24.300	6600
60	3.115	606	2.436	605	840	-	-	24.600	6700
80	4.186	813	3.266	810	860	-	-	24.900	6800
100	5.268	1022	4.095	1015	880	-	-	25.200	6900
120	6.359	1233	4.919	1219	900	-	-	25.500	7000
140	7.457	1445	5.733	1420	920	-	-	25.800	7100
160	8.560	1659	6.539	1620	940	-	-	26.100	7200
180	9.667	1873	7.338	1817	960	-	-	26.400	7300
200	10.777	2087	8.137	2015	980	-	-	26.700	7400
220	11.887	2302	8.938	2213	1000	-	-	27.000	7500
240	12.998	2517	9.745	2413	1020	-	-	27.300	7600
260	14.108	2732	10.560	2614	1040	-	-	27.600	7700
280	15.217	2946	11.381	2817	1060	-	-	27.900	7800
300	16.325	3160	12.207	3022	1080	-	-	28.200	7900
320	17.432	3374	13.039	3227	1100	-	-	28.500	8000
340	18.537	3588	13.874	3434	1120	-	-	28.800	8100
360	19.640	3801	14.712	3641	1140	-	-	29.100	8200
380	20.743	4015	15.552	3849	1160	-	-	29.400	8300
400	21.846	4228	16.395	4057	1180	-	-	29.700	8400
420	22.949	4441	17.241	4266	1200	-	-	30.000	8500
440	24.051	4655	18.088	4476	1220	-	-	30.300	8600
460	25.161	4869	18.938	4686	1240	-	-	30.600	8700
480	26.272	5084	19.788	4896	1250	-	-	30.900	8800

thermocouples Table I should not be used in conjunction with European standard thermocouples. Instead the transfer function given previously and a DIN thermocouple table should be used. ANSI type K and DIN NiCr-Ni thermocouples are composed

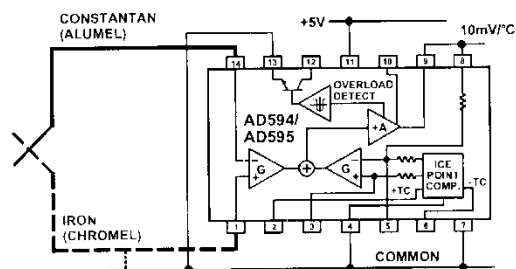


Figure 1. Basic Connection, Single Supply Operation

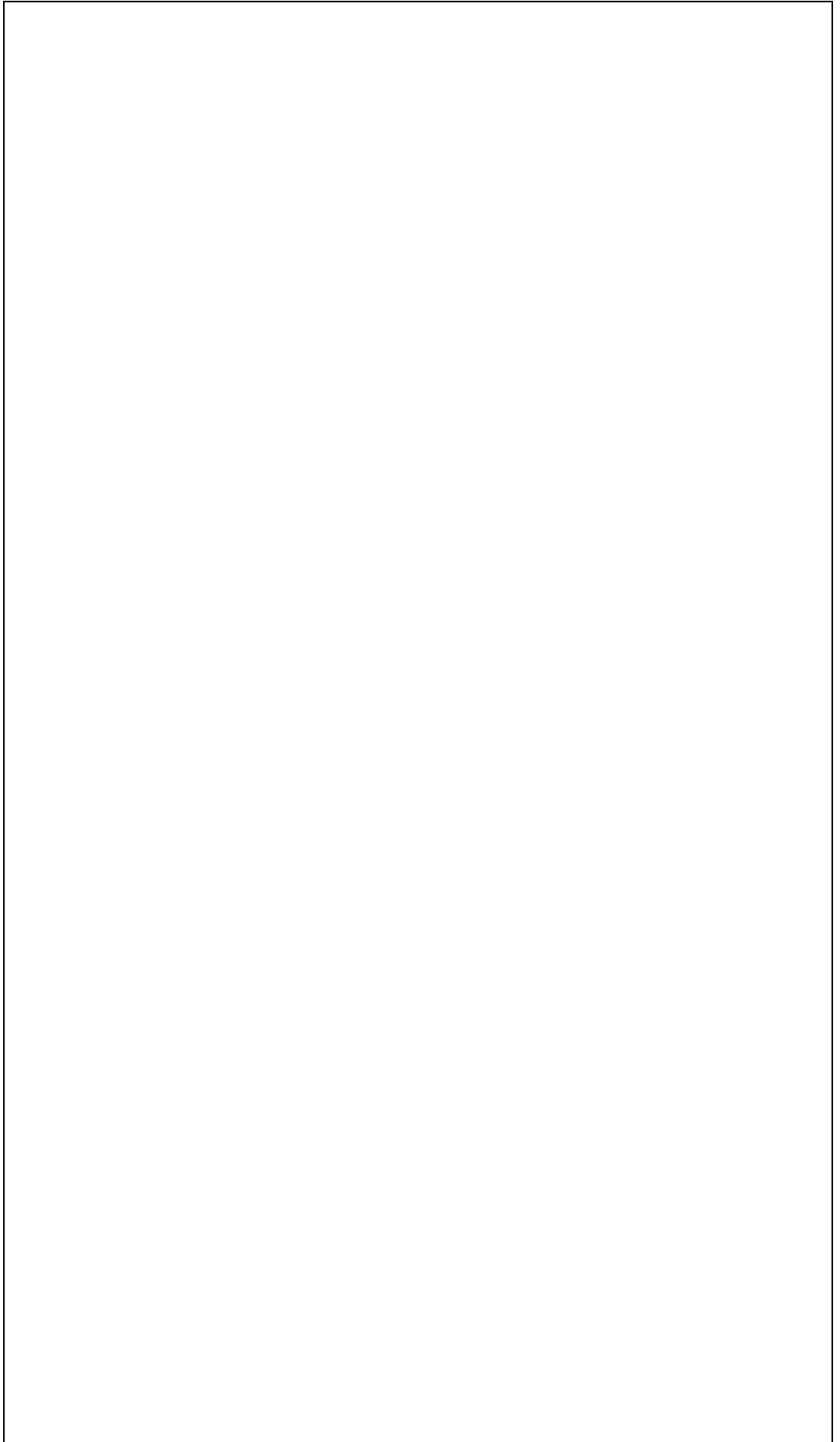
of identical alloys and exhibit similar behavior. The upper temperature limits in Table I are those recommended for type J and type K thermocouples by the majority of vendors.

SINGLE AND DUAL SUPPLY CONNECT

The AD594/AD595 is a completely self-contained conditioner. Using a single +5 V supply the circuit shown in Figure 1 will provide a direct output thermocouple (AD594) or type K thermocouple (AD595) ranging from 0°C to +300°C.

Any convenient supply voltage from +5 V to +15 V can be used, with self-heating errors being minimized. In the single supply configuration the thermocouple connects to Pin 11 with the V- connection at Pin 11 power and signal common at Pin 4. The thermocouple inputs connect to Pins 1 and 14 either directly at the thermocouple wire type. When the alarm output at Pin 8 should be connected to common or -V. The back network at Pin 8 is tied to the output at 10 mV/°C nominal temperature transfer characteristic. By using a wider ranging dual supply, as shown in Figure 2, AD594/AD595 can be interfaced to thermocouples both negative and extended positive temperatures.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	4 de 8
----------------	--	---------------



AD594/AD595

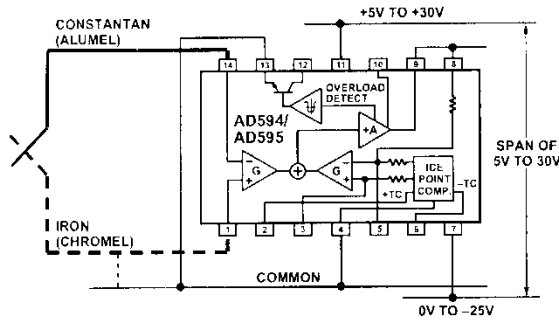


Figure 2. Dual Supply Operation

With a negative supply the output can indicate negative temperatures and drive grounded loads or loads returned to positive voltages. Increasing the positive supply from 5 V to 15 V extends the output voltage range well beyond the 750°C temperature limit recommended for type J thermocouples (AD594) and the 1250°C for type K thermocouples (AD595).

Common-mode voltages on the thermocouple inputs must remain within the common-mode range of the AD594/AD595, with a return path provided for the bias currents. If the thermocouple is not remotely grounded, then the dotted line connections in Figures 1 and 2 are recommended. A resistor may be needed in this connection to assure that common-mode voltages induced in the thermocouple loop are not converted to normal mode.

THERMOCOUPLE CONNECTIONS

The isothermal terminating connections of a pair of thermocouple wires forms an effective reference junction. This junction must be kept at the same temperature as the AD594/AD595 for the internal cold junction compensation to be effective.

A method that provides for thermal equilibrium is the printed circuit board connection layout illustrated in Figure 3.

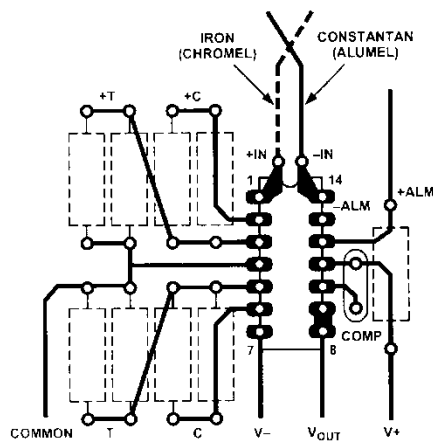


Figure 3. PCB Connections

Here the AD594/AD595 package temperature and circuit board are thermally contacted in the copper printed circuit board tracks under Pins 1 and 14. The reference junction is now composed of a copper-constantan (or copper-alumel) connection and copper-iron (or copper-chromel) connection, both of which are at the same temperature as the AD594/AD595.

The printed circuit board layout shown also permit of optional alarm load resistors, recalibration, a compensation capacitor to limit bandwidth.

To ensure secure bonding the thermocouple wires cleaned to remove oxidation prior to soldering; rosin flux is effective with iron, constantan, chromel and the following solders: 95% tin-5% antimony silver or 90% tin-10% lead.

FUNCTIONAL DESCRIPTION

The AD594 behaves like two differential amplifiers which are summed and used to control a high gain output stage shown in Figure 4.

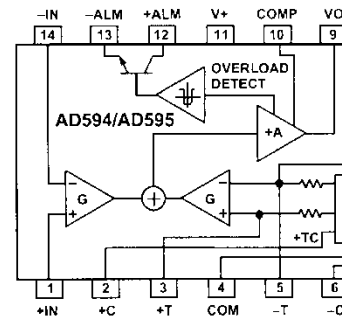
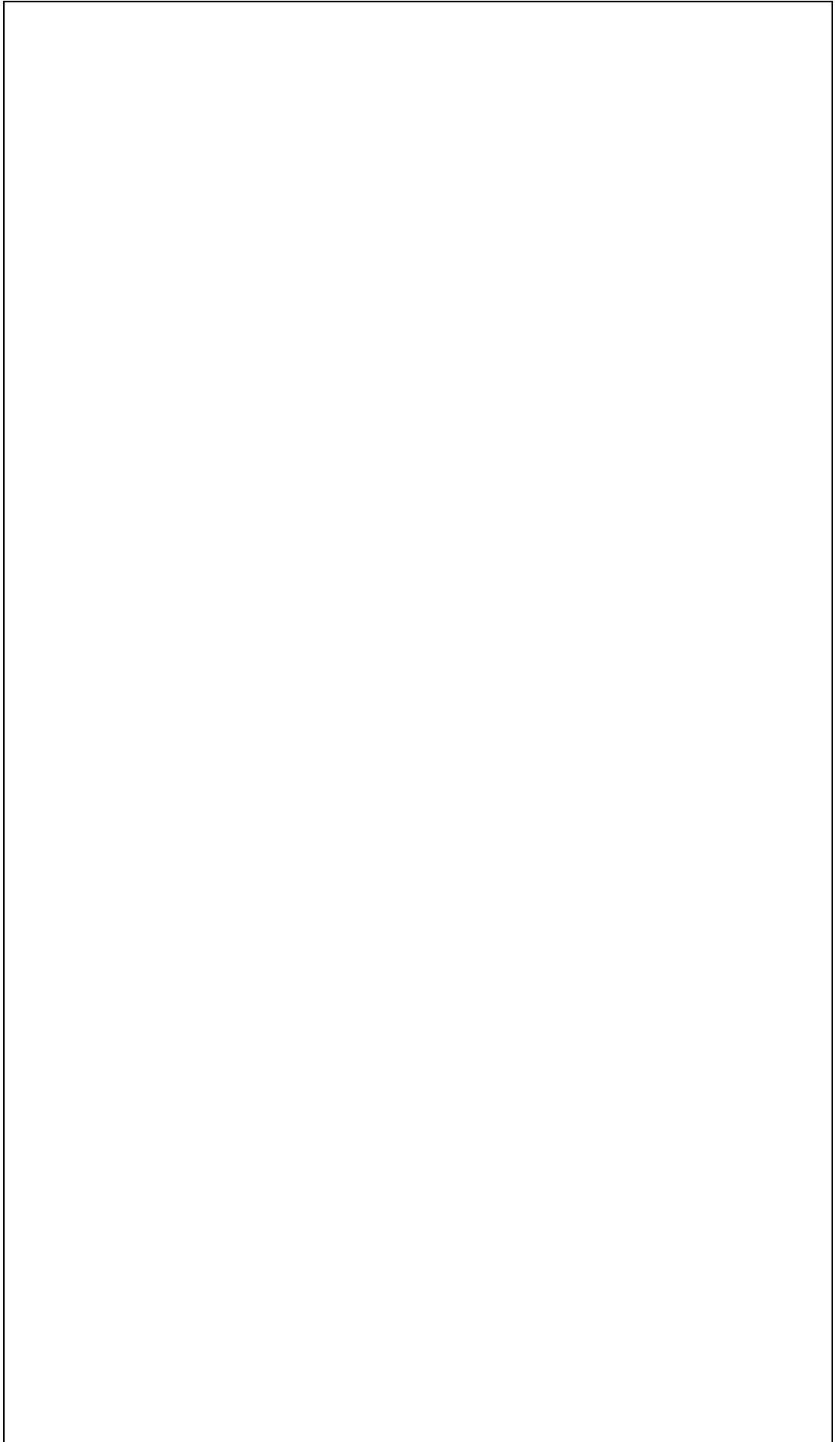


Figure 4. AD594/AD595 Block Diagram

In normal operation the main amplifier output is connected to the feedback network, at Pin 8. The feedback signal is applied to the floating input stage, at Pins 1 and 14, which is biased by gain G of the differential amplifier and amplified by gain A in the main amplifier. The main amplifier is fed back to a second differential amplifier through an inverting connection. The feedback signal is an inverted signal and is also applied to the main amplifier summing circuit. Because of the inversion, the feedback signal must be driven to reduce this differential signal to zero. The two differential amplifiers have identical gains, G. As a result, the feedback signal must be applied to the right-hand differential amplifier so that the thermocouple input signal has been reduced to zero. The feedback signal is applied to the right-hand differential amplifier so that the effective gain to the output, a result of the feedback, is 10 mV/°C of thermocouple.

In addition to the feedback signal, a cold junction voltage is applied to the right-hand differential amplifier. This signal is a differential voltage proportional to the temperature of the AD594/AD595. This signal is applied to the right-hand differential amplifier so that the amplifier output must equal the applied thermocouple voltage. The compensation is applied through the gain A so that its effect on the main output is also 10 mV/°C. The result is that the compensation voltage adds to the thermocouple voltage a signal directly proportional to the temperature of the AD594/AD595. When the thermocouple reference junction is maintained at the same temperature as the AD594/AD595, the output of the AD594/AD595 is the reading that would have been obtained from a signal from a thermocouple referenced to 0°C.

ANEXO G	DATOS TECNICOS DE COMPONENTES IMPORTANTES	5 de 8
----------------	--	---------------



The AD594/AD595 also includes an input open circuit detector that switches on an alarm transistor. This transistor is actually a current-limited output buffer, but can be used up to the limit as a switch transistor for either pull-up or pull-down operation of external alarms.

The ice point compensation network has voltages available with positive and negative temperature coefficients. These voltages may be used with external resistors to modify the ice point compensation and recalibrate the AD594/AD595 as described in the next column.

The feedback resistor is separately pinned out so that its value can be padded with a series resistor, or replaced with an external resistor between Pins 5 and 9. External availability of the feedback resistor allows gain to be adjusted, and also permits the AD594/AD595 to operate in a switching mode for setpoint operation.

CAUTIONS:

The temperature compensation terminals (+C and -C) at Pins 2 and 6 are provided to supply small calibration currents only. The AD594/AD595 may be permanently damaged if they are grounded or connected to a low impedance.

The AD594/AD595 is internally frequency compensated for feedback ratios (corresponding to normal signal gain) of 75 or more. If a lower gain is desired, additional frequency compensation should be added in the form of a 300 pF capacitor from Pin 10 to the output at Pin 9. As shown in Figure 5 an additional 0.01 μ F capacitor between Pins 10 and 11 is recommended.

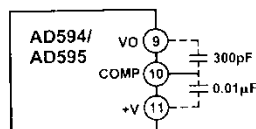


Figure 5. Low Gain Frequency Compensation

RECALIBRATION PRINCIPLES AND LIMITATIONS

The ice point compensation network of the AD594/AD595 produces a differential signal which is zero at 0°C and corresponds to the output of an ice referenced thermocouple at the temperature of the chip. The positive TC output of the circuit is proportional to Kelvin temperature and appears as a voltage at +T. It is possible to decrease this signal by loading it with a resistor from +T to COM, or increase it with a pull-up resistor from +T to the larger positive TC voltage at +C. Note that adjustments to +T should be made by measuring the voltage which tracks it at -T. To avoid destabilizing the feedback amplifier the measuring instrument should be isolated by a few thousand ohms in series with the lead connected to -T.

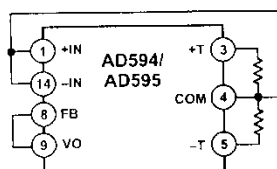


Figure 6. Decreased Sensitivity Adjustment

Changing the positive TC half of the differential output of the compensation scheme shifts the zero point away from 0°C. The zero can be restored by adjusting the current flow into the negative input of the feedback amplifier, the -T pin. A current into

this terminal can be produced with a resistor -T to balance an increase in +T, or a resistor to offset a decrease in +T.

If the compensation is adjusted substantially different thermocouple type, its effect on the age will increase or decrease in proportion. T nominal output to 10 mV/°C the gain may be the new compensation and thermocouple inp When reducing the compensation the resistor and COM automatically increases the gain to correct value. If a smaller gain is required, the 47 k Ω internal feedback resistor can be parallel with an external resistor.

Fine calibration adjustments will require temperature measurements of individual devices to assure reconfigurations for other thermocouple type without seriously compromising initial calibration long as the procedure is done at a fixed temperature factory calibration as a reference. It should be immediate recalibration conditions may require negative supply.

EXAMPLE: TYPE E RECALIBRATION—

Both the AD594 and AD595 can be configured output of a type E (chromel-constantan) the temperature characteristics of type E thermocouple type J, than from type K, therefore the AD595 recalibration.

While maintaining the device at a constant temperature the recalibration steps given here. First, measure the temperature by tying both inputs to common (common-mode potential) and connecting FB is now in the stand alone Celsius thermometer example assume the ambient is 24°C and the output is 240 mV. Check the output at VO to verify the temperature of the device.

Next, measure the voltage -T at Pin 5 with a DVM (capacitance should be isolated by a few thousand ohms of resistance at the measured terminals). At this temperature it will be about 8.3 mV. To adjust the compensation to a type E thermocouple a resistor, R1, should be connected between +T and +C, Pins 2 and 3, to raise the ratio of thermocouple sensitivities. The ratio for a type J device to a type E characteristic is:

$$r(\text{AD594}) = (60.9 \mu\text{V}/^\circ\text{C}) / (51.7 \mu\text{V}/^\circ\text{C})$$

Thus, multiply the initial voltage measured at -T to experimentally determine the R1 value required. For the example the new -T voltage should be approximately 240 mV. The resistance value should be approximately 240 k Ω .

The zero differential point must now be shifted to 0°C. This is accomplished by multiplying the original output at VO by r and adjusting the measured output by experimentally adding a resistor, R2, between Pins 5 and 6. The target output value in this case is about 283 mV. The resistance value of R2 is approximately 240 k Ω .

Finally, the gain must be recalibrated such that the output indicates the device's temperature once again. This can be done by adding a third resistor, R3, between FB and -T, Pins 8 and 5. The output will now be back to the initial 240 mV reading.

ANEXO “H”

MANUAL DE OPERACIÓN MANUAL DE MANTENIMIENTO

ANEXO H	MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	1 de 9
----------------	--	---------------

MANUAL DE OPERACIÓN DEL SOFTWARE COMPOSITES REPAIRS

Este manual describe las ventanas de dialogo y la manera de operar el software de control de COMPOSITES REPAIRS.

1. CONTRASEÑA

Al iniciar COMPOSITES REPAIRS aparecerá una ventana de dialogo como se muestra en la [Figura 1](#) aquí usted debe ingresar el nombre de usuario y su respectiva contraseña.

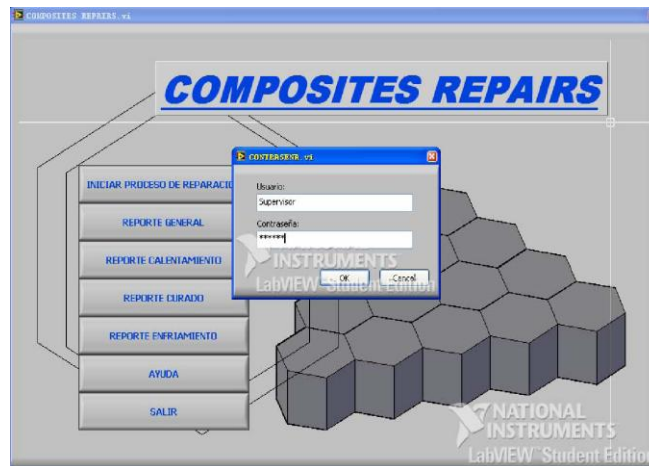


Figura 1.

2. MENÚ PRINCIPAL

Dentro del menú principal usted puede iniciar el proceso de reparación, tener acceso a los reportes, la ayuda y salir del software. La ventana de diálogo es como se muestra en la [Figura 2](#).

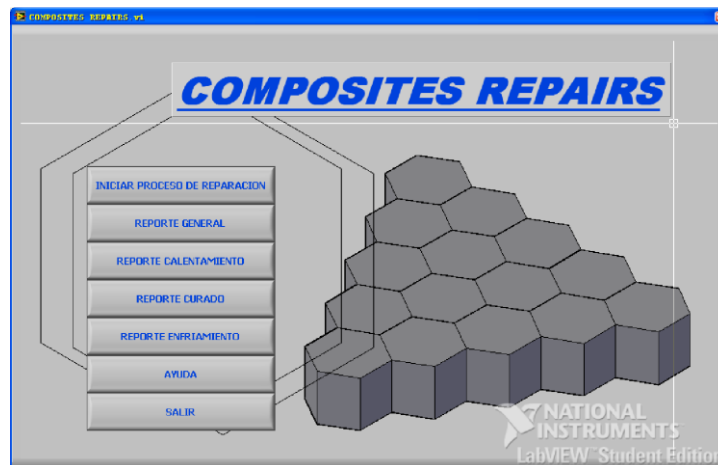
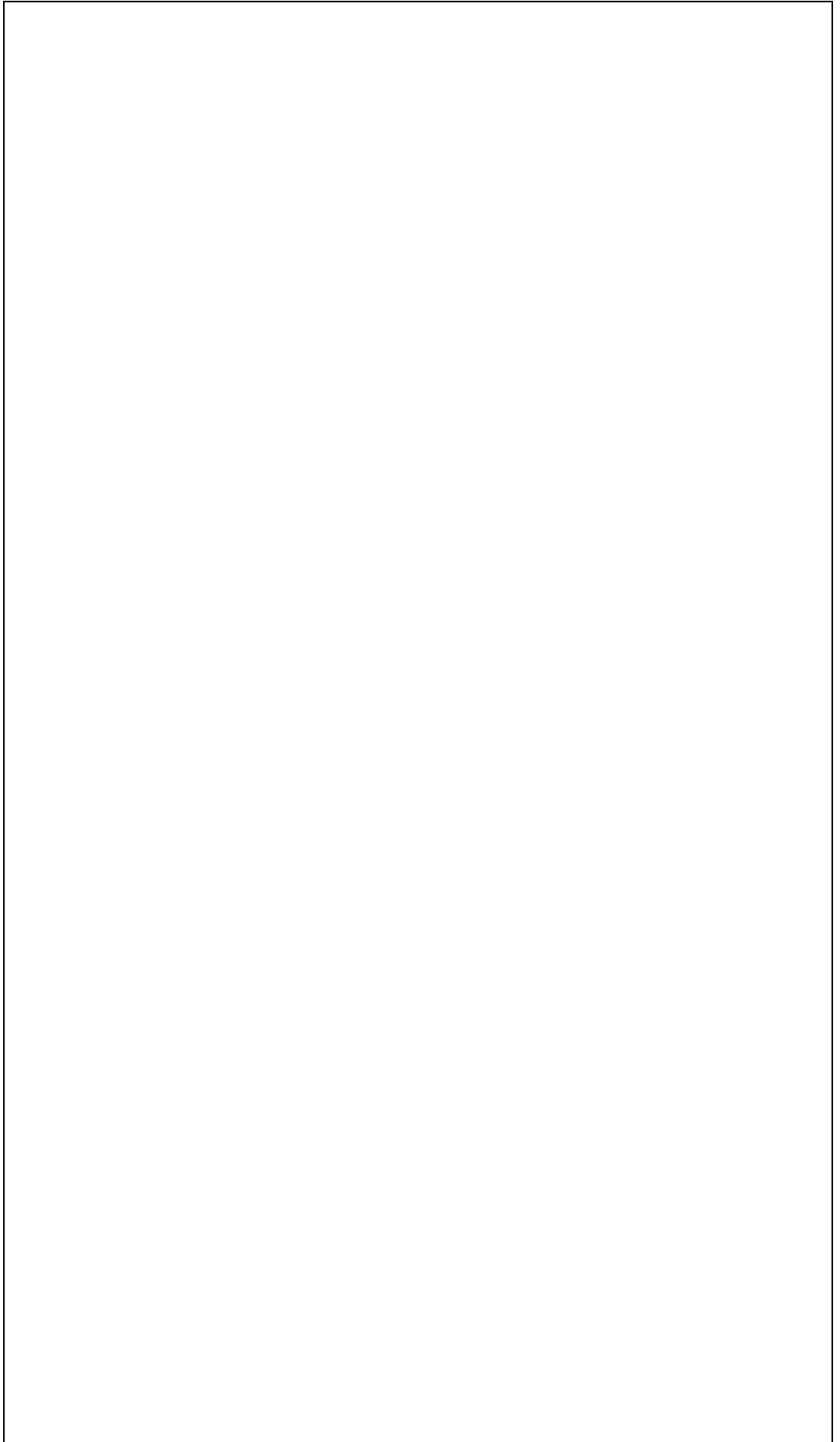


Figura 2.

3. INICIAR PROCESO DE REPARACIÓN

Al presionar este botón aparecerá una venta de diálogo mostrada en la [Figura 3](#) en la que permitir usuario ingresar los setpoints y seleccionar el modo de operación.

Pasos a seguir:



ANEXO H	MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	2 de 9
----------------	--	---------------

- a. Ingresar los datos en los controles.
- b. Ingresar los datos al sistema.
- c. Seleccionar el modo de operación.

NOTA: Téngase siempre presente que luego de ingresar los datos en esta ventana de diálogo se debe presionar el botón ENTER que se muestra con letras verdes en la esquina superior derecha; esto es necesario para que los datos ingresen al sistema.

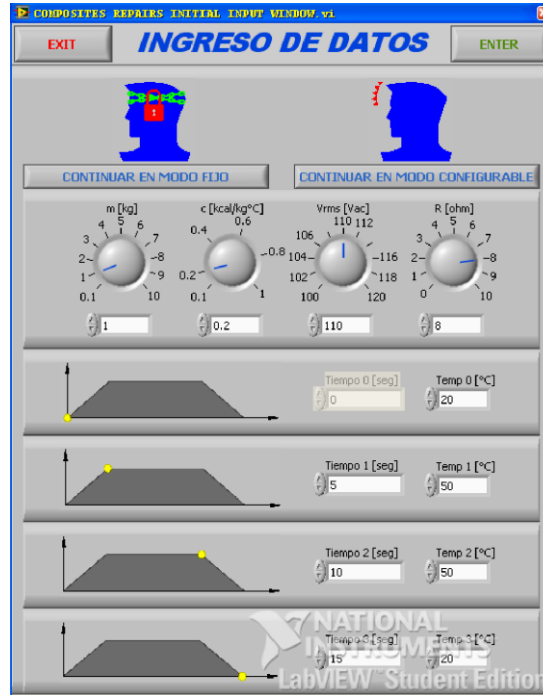


Figura 3.

3.1. MODO FIJO EN PROCESO

Al presionar el botón de mostrado en la Figura 4 aparecerá la ventana de dialogo mostrada en la Figura 6a. En este modo no se puede cambiar los setpoints durante el proceso.



Figura 4.



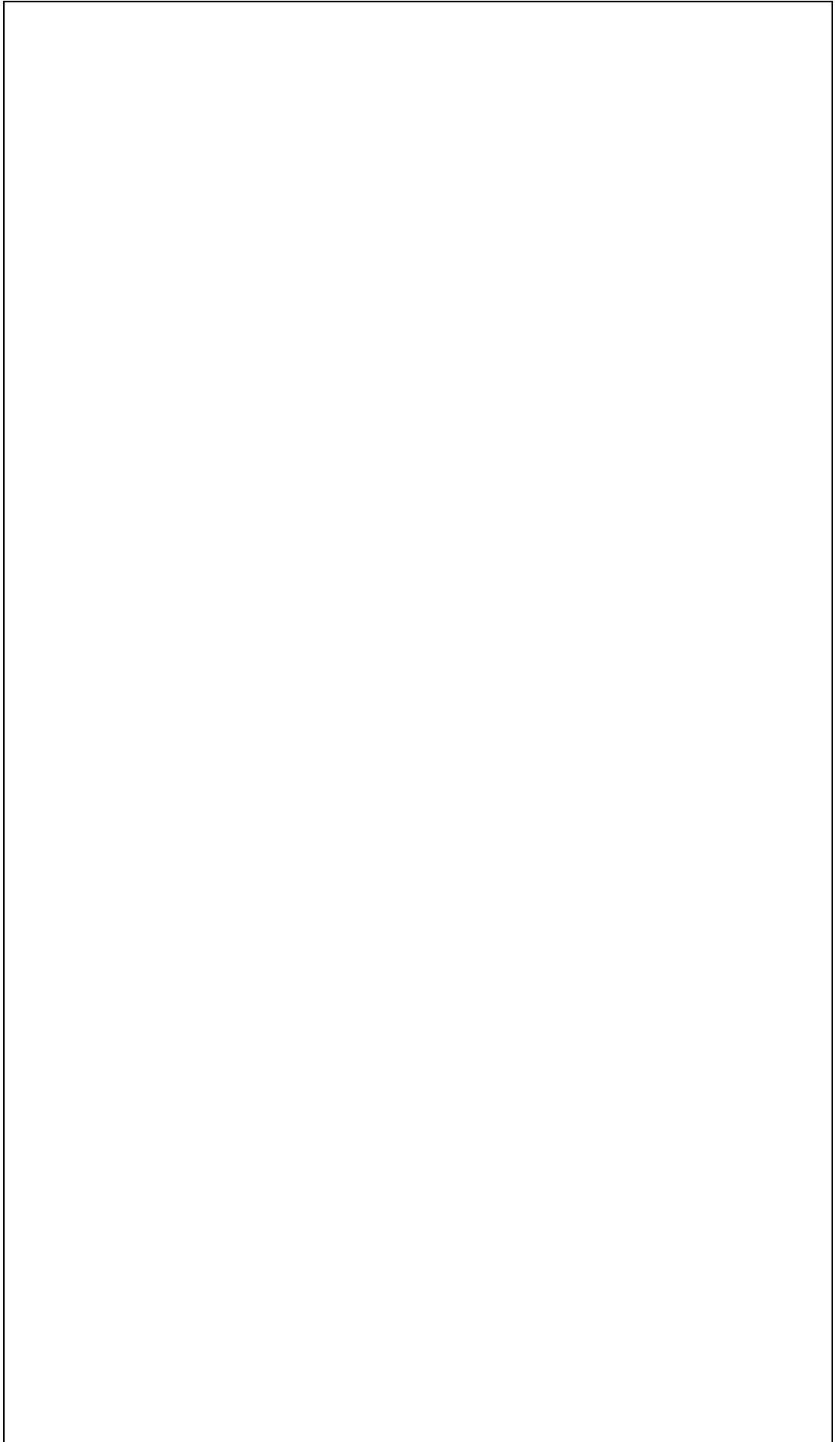
Figura 5.

3.2. MODO CONFIGURABLE EN PROCESO

Al presionar el botón de mostrado en la Figura 5 aparecerá la ventana de dialogo mostrada en la Figura 6a. En este modo si se puede cambiar los setpoints durante el proceso, siempre y cuando se lo haga un tiempo mayor al que se lleve a acabo el evento del setpoint.

4. PANEL DE CONTROL

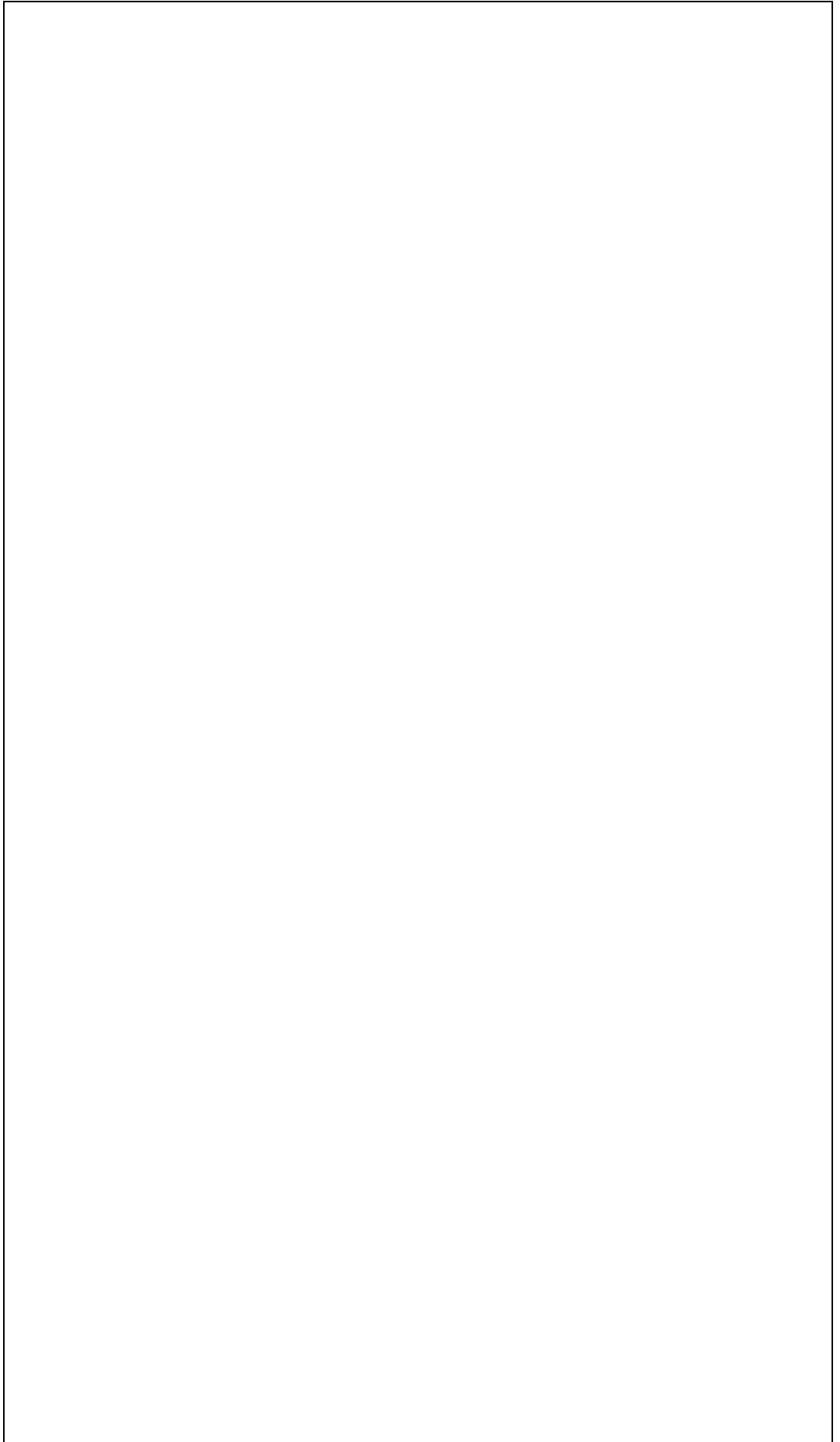
Una vez seleccionado por el usuario el modo de operación, aparecerá el panel de control mostrado en la Figura 6. En la Tabla 1 se describe la operación de cada control e indicador.



ANEXO H	MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	3 de 9
----------------	--	---------------

1	Permite regresar al Menú principal sin necesariamente detener el proceso de reparación
2	Permite iniciar el proceso de reparación. También permite detener el proceso de reparación. No hace pausa.
3	Permite reiniciar el proceso de reparación. Actúa si y solo si el botón ON/OFF esta en ON.
4	Permite ingresar la masa [kg] estimada de la reparación.
5	Permite ingresar el calor específico [kcal/kg°C] del material que se reparará. Ejemplo Fibra de vidrio
6	Permite ingresar el voltaje rms que se mide en la red de suministro.
7	Permite ingresar la resistencia eléctrica [ohm] medida del heat blanket.
8	Por defecto este control ingresa el tiempo cero de la reparación.
9	Aquí se ingresa la temperatura ambiental en grados Celsius antes de iniciar la reparación.
10	Aquí se ingresa el tiempo en segundos en el cual se alcanzará la temperatura 1; en ese instante se culminará la rampa de subida.
11	Aquí se ingresa la temperatura en grados Celsius a la cual culminará la rampa de subida o de calentamiento. A esta temperatura también se la llama temperatura de curado.
12	Aquí se ingresa el tiempo en segundos en el cual se alcanzará la temperatura 2; en ese instante se culminará la planicie.
13	Aquí se ingresa la temperatura en grados Celsius a la cual culminará el curado. Una vez alcanzada la temperatura en el tiempo especificado se iniciará el proceso de enfriamiento hasta la temperatura ambiente.
14	Aquí se ingresa el tiempo en segundos en el cual se alcanzará la temperatura 3; en ese instante se culminará la rampa de bajada.
15	Aquí se ingresa la temperatura ambiente en grados Celsius a la cual culminará la rampa de bajada o enfriamiento.
16	Se enciende cuando la temperatura en la reparación es mayor o igual a Temp1; se mantendrá encendido cuando el tiempo de reparación es mayor o igual a Tiempo 1 sin que necesariamente la temperatura de reparación sea mayor o igual que Temp 1 con el fin de indicar que el tiempo designado a la rampa de subida ha culminado
17	Se enciende cuando la temperatura en la reparación es mayor o igual a Temp 2; se mantendrá encendido cuando el tiempo de reparación es mayor o igual a Tiempo 2 sin que necesariamente la temperatura de reparación sea mayor o igual que Temp 2 con el fin de indicar que el tiempo designado a la rampa de subida ha culminado.
18	Se enciende cuando la temperatura en la reparación es mayor o igual a Temp 3; se mantendrá encendido cuando el tiempo de reparación es mayor o igual a Tiempo 3 sin que necesariamente la temperatura de reparación sea mayor o igual que Temp 3 con el fin de indicar que el tiempo designado a la rampa de subida ha culminado.
19	Se enciende cuando toda la potencia del Heat Blanket es suministrada a la reparación pero no es suficiente para alcanzar la temperatura requerida.
20	Se enciende cuando la temperatura en la reparación está en un nivel superior al requerido durante el enfriamiento con el Heat Blanket completamente apagado. El tiempo es demasiado corto debido a que el ambiente de trabajo es caluroso.
21	Se enciende cuando el nivel de voltaje rms es menor a 100 Vrms.
22	Se enciende cuando el compresor suministra presión menor o igual a 60 psi.
23	Se enciende cuando la presión de vacío es menor a 22 in-Hg debido a fugas en el sistema neumático. El vacío, es decir válvulas, mangueras, racores o en la bolsa de vacío. El nivel de vacío también disminuye cuando la presión positiva suministrada al generador de vacío es menor que 60 psi.
24	Se enciende cuando no se encuentra conectada la termocupla.
25	Medidor de voltaje rms que suministra la red. Su escala es de 100 Vac hasta 135 Vac.
26	Indica el nivel de presión de vacío en la reparación.
27	Muestra la curva resultante de temperatura durante todo el proceso de reparación. El eje x y eje y corresponden al tiempo [seg] en reparación y a la temperatura [°C] censada, respectivamente.
28	Indica el tiempo en segundos actual de la reparación.
29	Indica el avance de la reparación.
30	Indica la potencia en valores por unidad de la potencia eléctrica entregada al Heat Blanket.
31	Indica el calor en [kcal] que está demandando la reparación.
32	Indica el ángulo de disparo en [°] (grados sexagesimales).

Tabla 1.



ANEXO H	MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	4 de 9
----------------	--	---------------

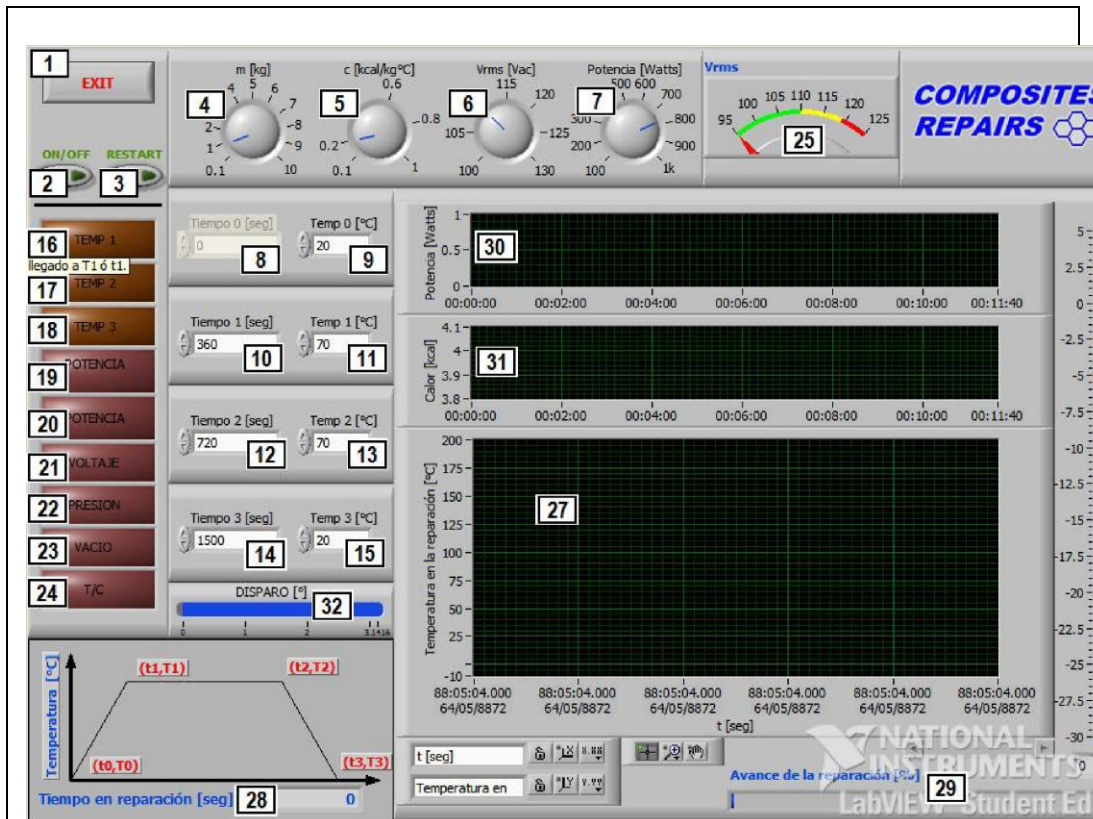


Figura 6.

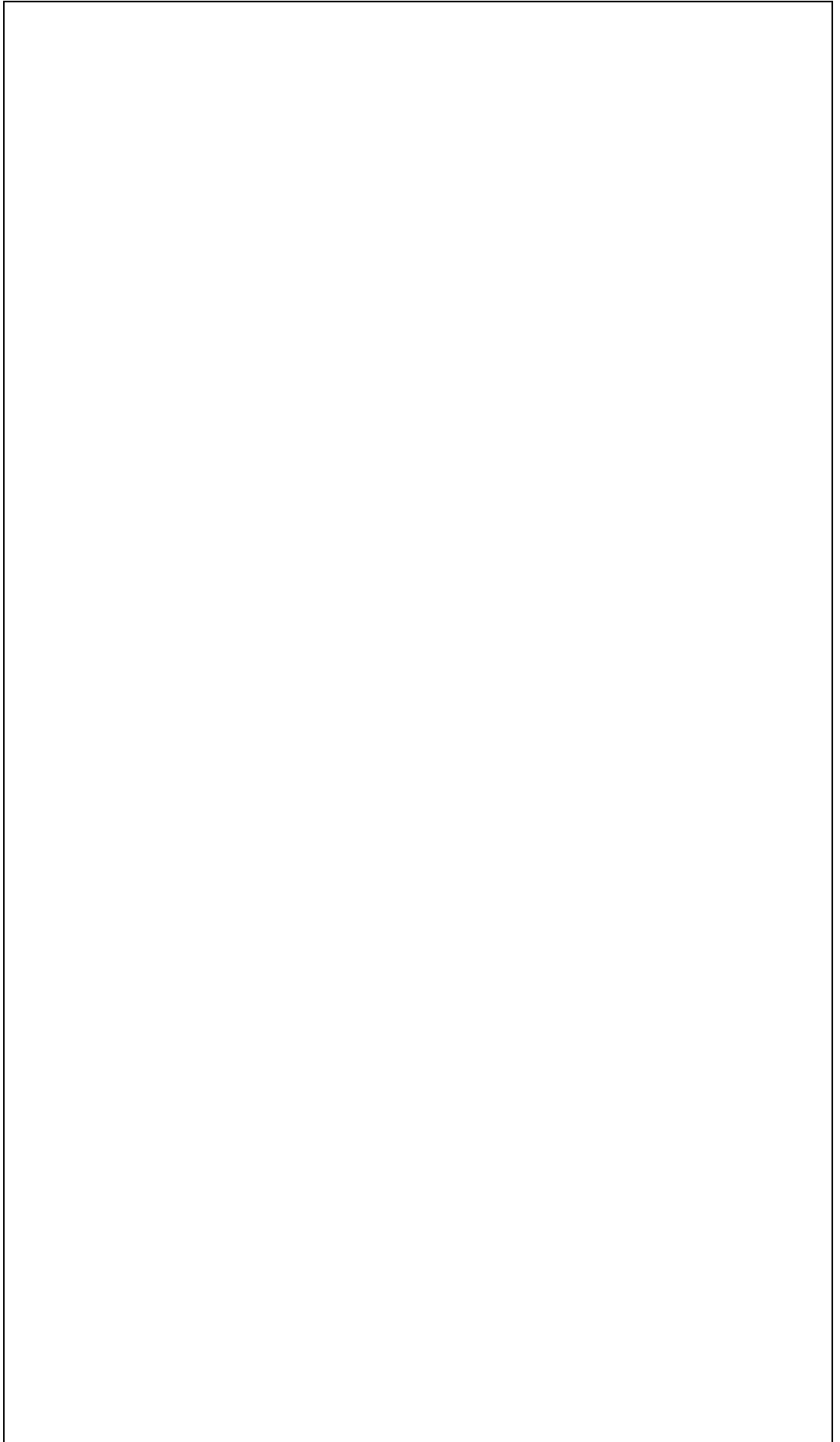
5. REPORTE GENERAL

Este reporte se puede ver cuando se haya terminado el proceso de reparación. Este reporte se muestra en una ventana de dialogo mostrado en la Figura 7. Aquí se obtiene la curva de temperatura y la tabla de datos resultantes; además indica la temperatura máxima, temperatura promedio, temperatura mínima y tiempo utilizado en el proceso de reparación.

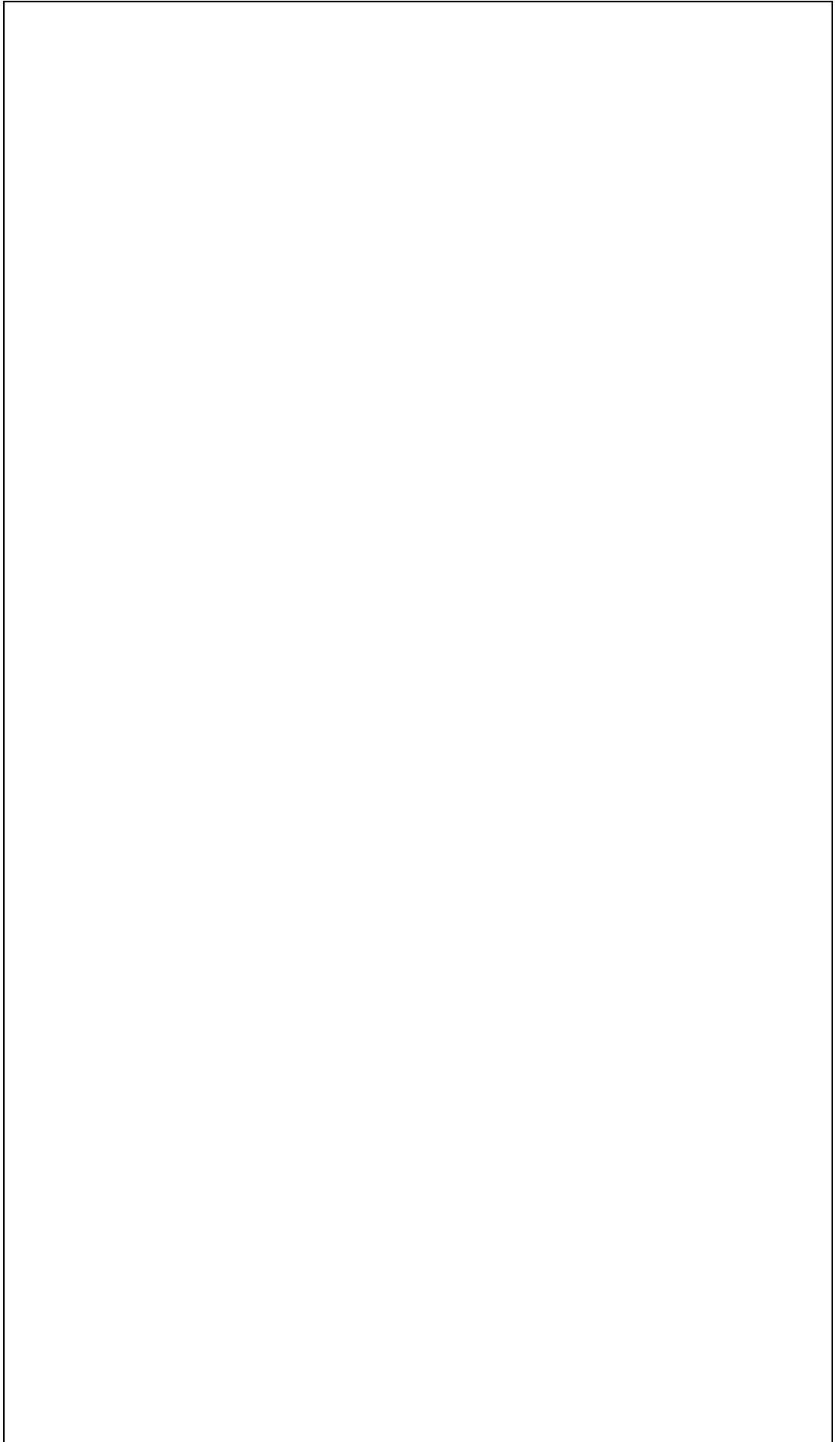
NOTA IMPORTANTE PARA REPORTES: En todos los reportes se tiene la opción de imprimir la curva de temperatura presionando el botón PRINT el cual se muestra con letras azules en la esquina superior izquierda. Téngase en cuenta que se imprimirá directamente en la impresora configurada como predeterminada.

6. REPORTES DE CALENTAMIENTO, CURADO Y ENFRIAMIENTO.

Estos reportes se pueden ver cuando se haya terminado el proceso de reparación. Estos reportes se muestran en las ventanas de dialogo mostradas en la Figura 8. Aquí se obtiene por separado la curva de temperatura y la tabla de datos resultantes en los intervalos de calentamiento, curado y enfriamiento; además indica la temperatura máxima, temperatura promedio, temperatura mínima y tiempo utilizado en el proceso de reparación.



ANEXO H	MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	5 de 9
----------------	--	---------------



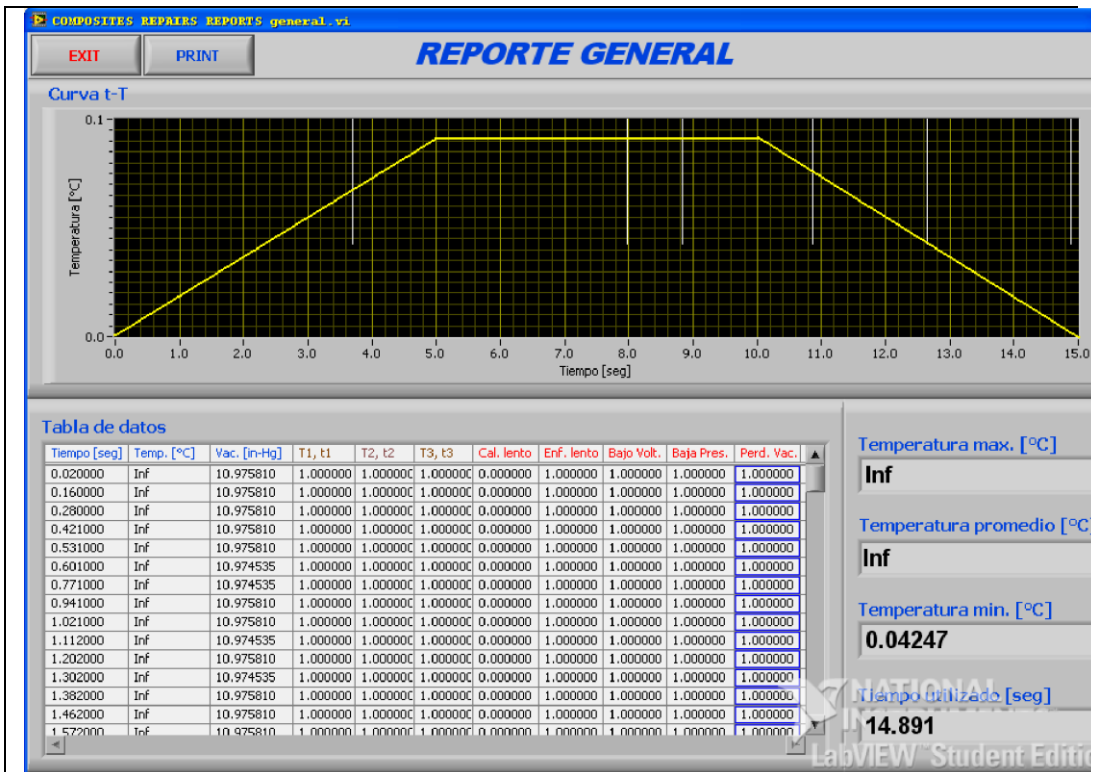


Figura 7.

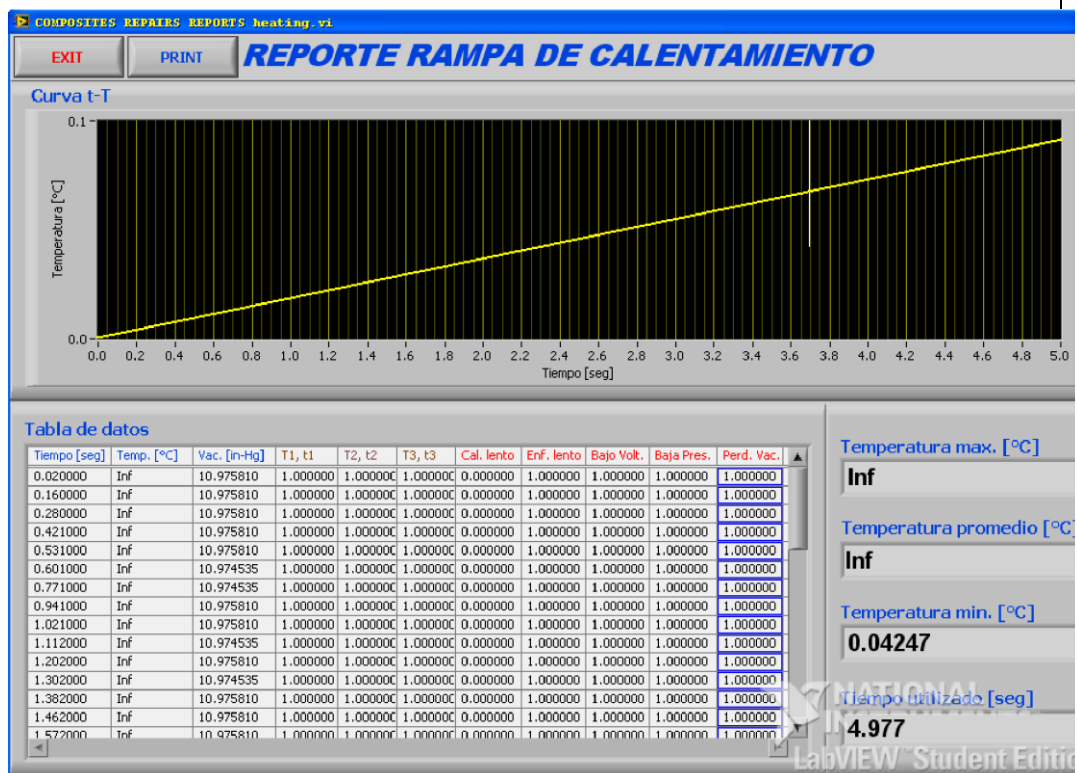
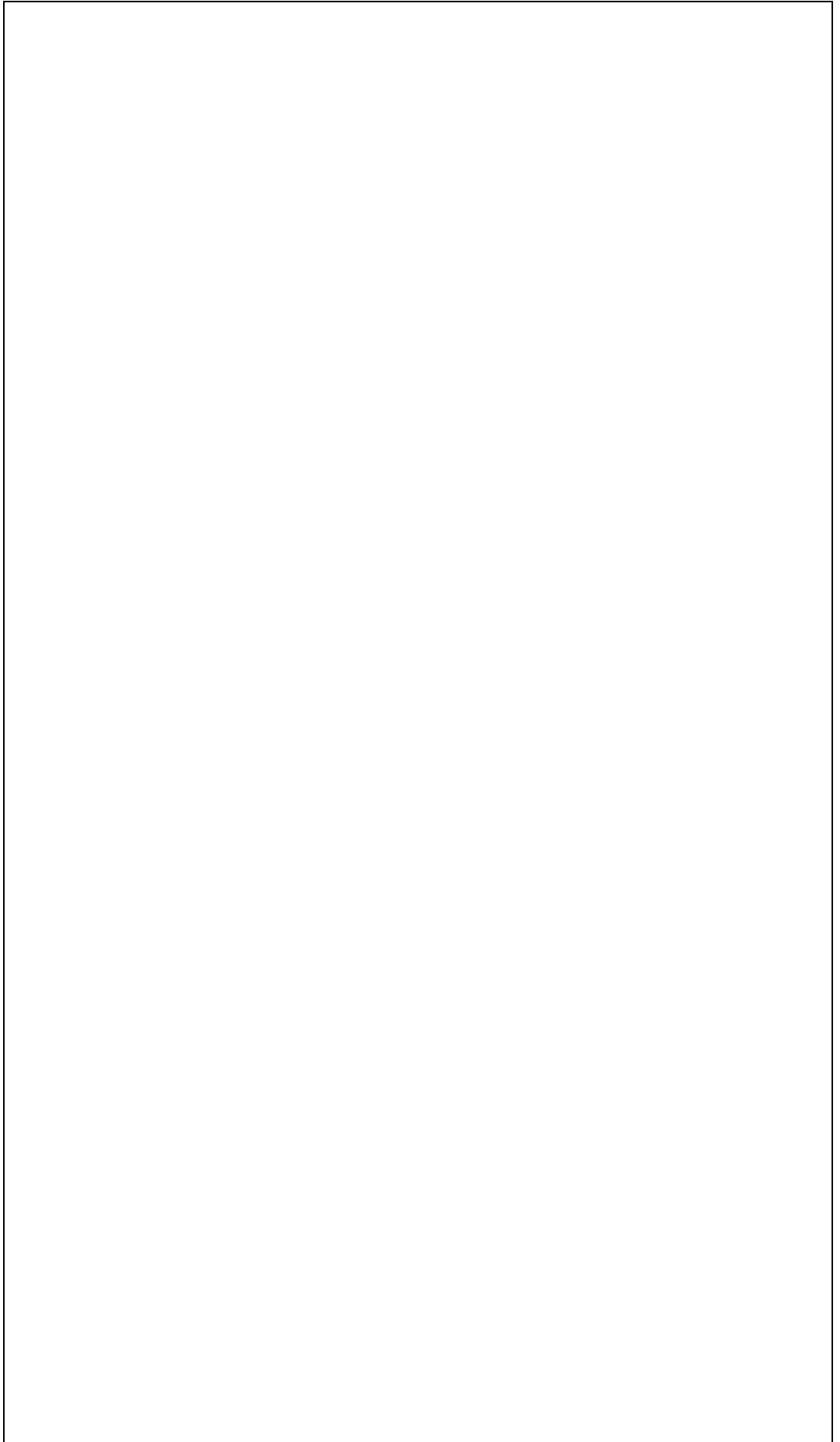


Figura 8a.

ANEXO H	MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	6 de 9
----------------	--	---------------



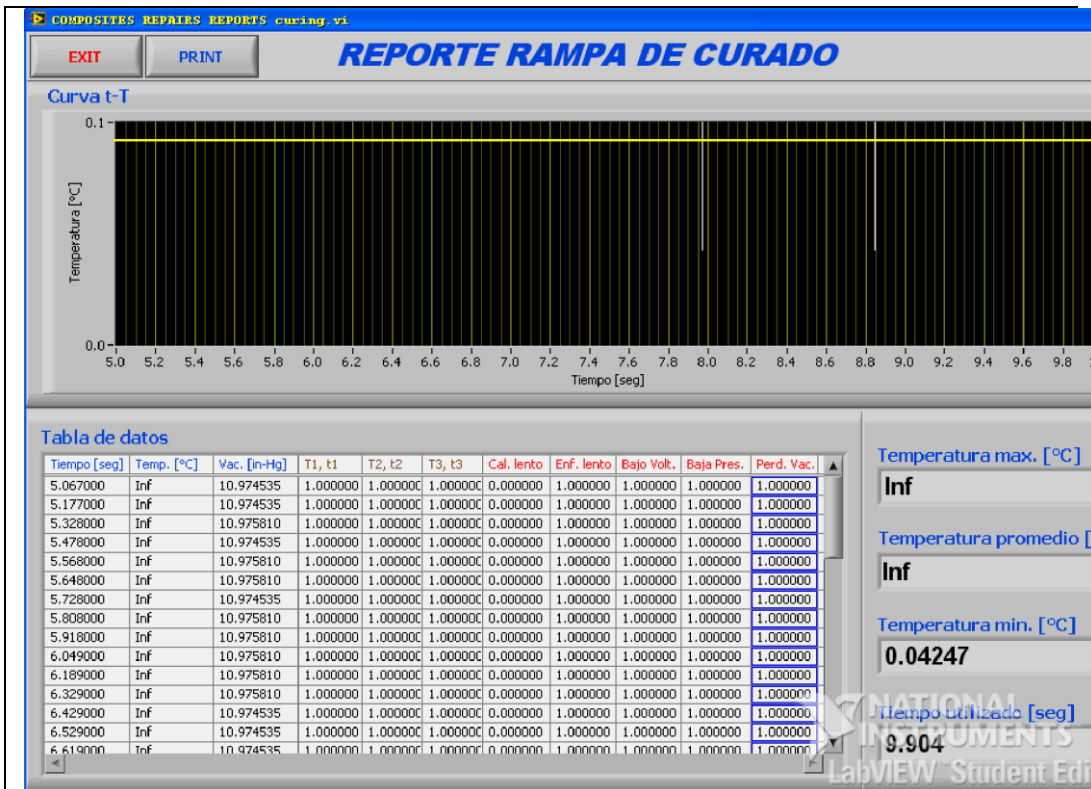


Figura 8b.

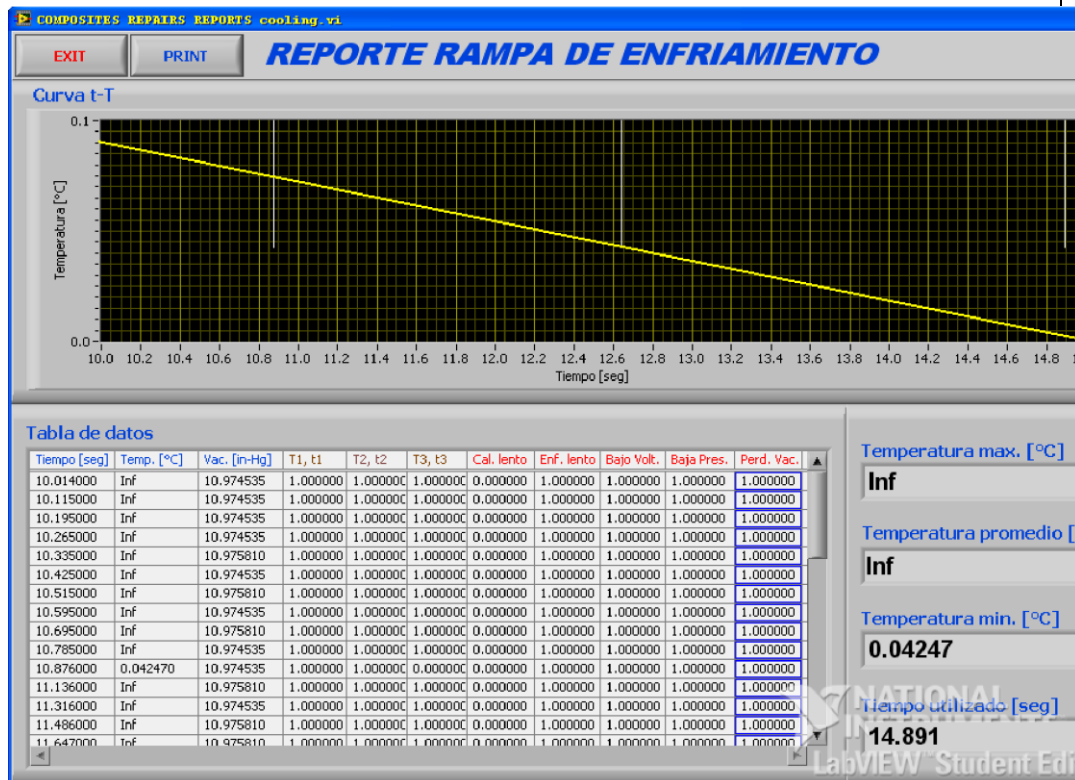
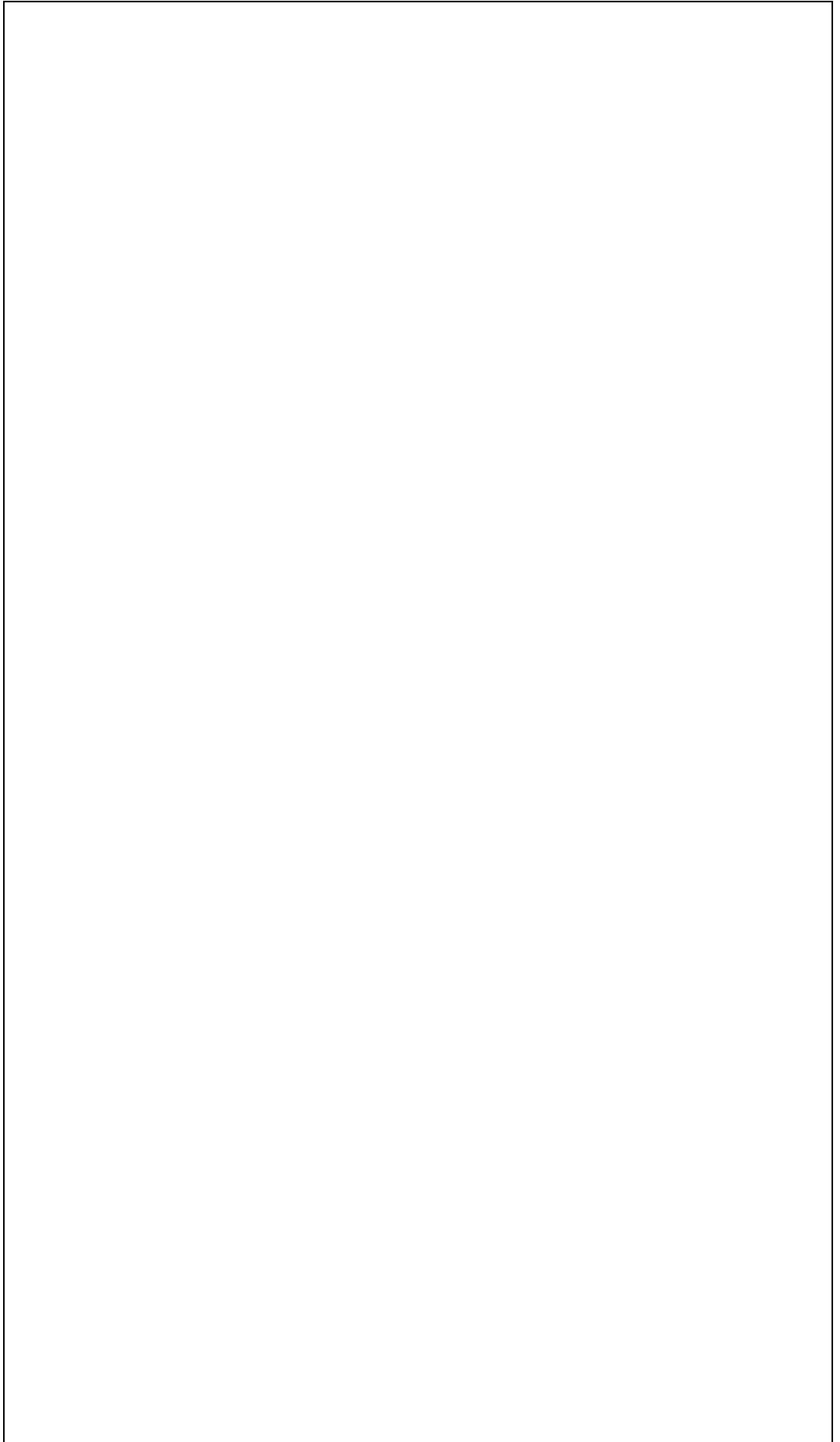


Figura 8c.

ANEXO H	MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	7 de 9
----------------	--	---------------



ANEXO H	MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	8 de 9
----------------	--	---------------

MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE REPARACIÓN DE MATERIALES COMPUESTO

¡PRECAUCIÓN! Desconecte el suministro de energía eléctrica a la máquina antes de hacer cualquier tarea de mantenimiento.

¡ADEVERTENCIA! No use ráfagas de aire comprimido para limpiar el polvo, puede provocar desconexiones de cables eléctricos.

NOTA: Remover el cobertor metálico para poder tener acceso al interior del equipo.

A. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

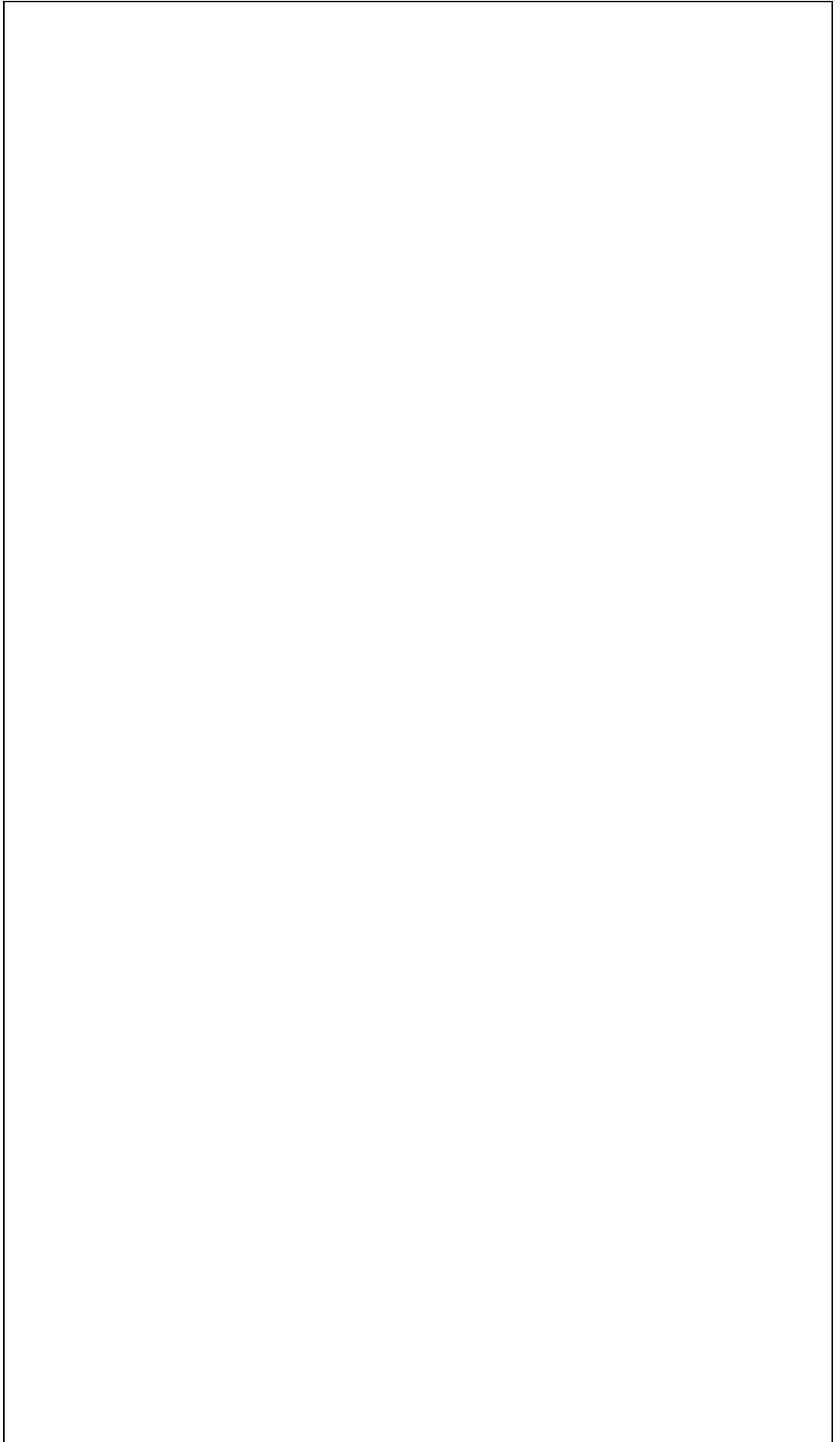
Responsable: El operador quien debe tener capacitación para el uso del equipo.

- Cada seis meses limpiar el polvo acumulado en el interior del equipo. Usar una brocha con cardas naturales y spray de alcohol isopropílico para limpiar las tarjetas electrónicas.
- Anualmente verificar que no existan conductores flojos o desconectados. Si hubiere fallas refiérase a la Figura 1 para realizar la corrección.
- Cada seis meses verificar que las lámparas de indicación no están quemadas desconectando los cables de alimentación y conectándolas a una fuente de 110 Vac. Refiérase a la figura 1.
- Cada seis meses verificar que no existan fugas en el sistema neumático del equipo. Si existen fugas en las conexiones, desconéctelas y aplique cinta de teflón para volver a ajustarlas. Si existen fugas en alguna manguera, cámbiela por una nueva y de las mismas características técnicas.
- Anualmente verificar la calibración de los instrumentos. Se recomienda enviarlos a calibración en el INEN.

B. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Responsable: El operador quien debe tener capacitación para el uso del equipo. También puede ser realizado por un ingeniero electromecánico, eléctrico ó electrónico.

- Las partes dañadas deben ser reemplazadas por nuevas y de las mismas características técnicas.
- Los indicadores dañados o descalibrados deben ser reemplazados por nuevos y de las mismas características técnicas.



ANEXO H	MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	9 de 9
----------------	--	---------------

Manual de mantenimiento (Continuación):

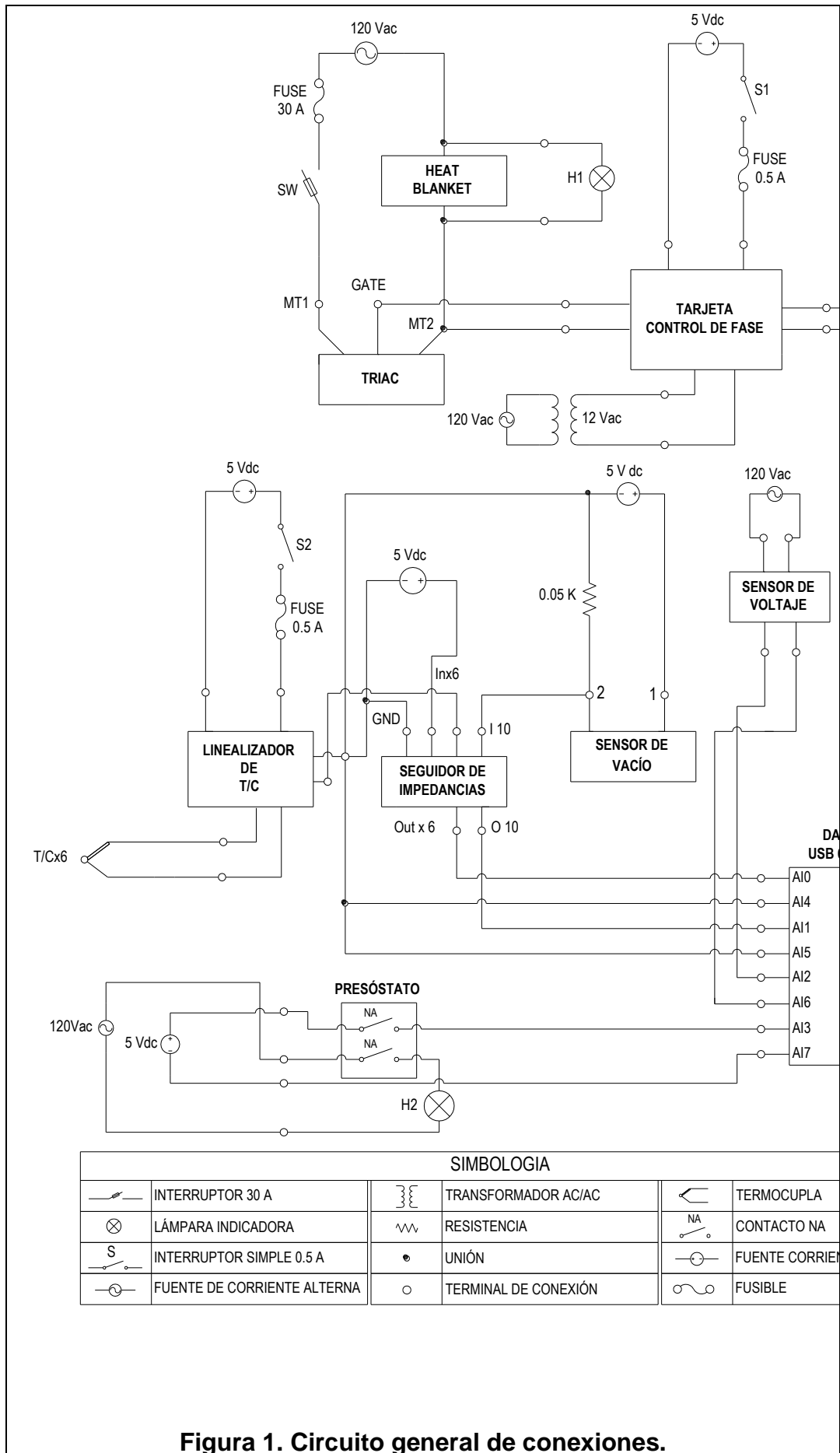


Figura 1. Circuito general de conexiones.

