



31  
2g.

**ROBERTO CARLOS RIBA RAMIREZ**

**1994**

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ARQUITECTURA

CENTRO DE INVESTIGACIONES  
DE DISEÑO INDUSTRIAL

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



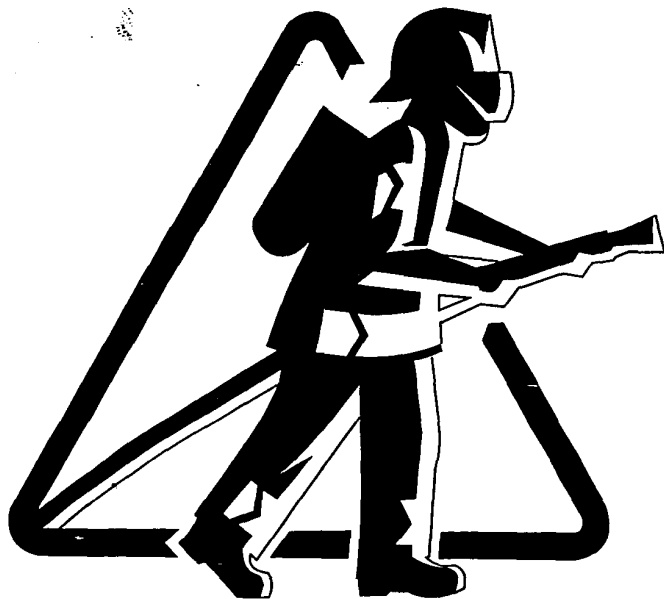
## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

31.  
2ej.

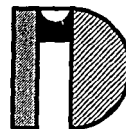


**VULCANO**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**Facultad de Arquitectura**



**Centro  
de Investigaciones  
de Diseño Industrial**



**Heroico Cuerpo de Bomberos**  
**Secretaría General de Protección y Vialidad**



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA**

**Coordinador de Exámenes Profesionales de la  
Facultad de Arquitectura, UNAM  
PRESENTE**

**EP01 Certificado de Aprobación de  
Impresión**

El director de tesis y los cuatro asesores que suscriben, después de revisar la tesis del alumno

NOMBRE **ROBERTO CARLOS RIBA RAMIREZ** No DE CUENTA **8956716-0**

NOMBRE DE LA TESIS **VULCANO EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL PARA BOMBERO**

Consideran que el nivel de complejidad y de calidad de la tesis en cuestión, cumple con los requisitos de este Centro, por lo que autorizan su impresión y firman la presente como jurado del

Examen Profesional que se celebrará el día de de 199 a las hrs

**ATENTAMENTE**

**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**

Ciudad Universitaria, D.F. a 14 abril de 1994

NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b> ING. ULRICH SCHARER SAUBERLI	
<b>VOCAL</b> ARQ. SABAS BAUTISTA ALDANA	
<b>SECRETARIO</b> D.I. MAURICIO MOYSSSEN CHAVEZ	
<b>PRIMER SUPLENTE</b> D.I. CARLOS D. SOTO CURIEL	
<b>SEGUNDO SUPLENTE</b> D.I. GUILLERMO MUJICA VILAR	

Vo. Bo. del Director de la Facultad



# **VULCANO**

**Equipo de Protección Personal  
para Bomberos**

**Tesis que para obtener el título de  
Licenciado en Diseño Industrial  
presenta:**

**Roberto Carlos Riba Ramírez**

**Director:**

**D I Mauricio Moyssén Chávez**

**CIDI - UNAM**

**Ciudad Universitaria, México D.F. 1994**

***... a Lau y Chava, por ser un ejemplo a seguir  
de cómo luchar y enfrentar la vida.***

***... a los Bomberos.***

Quiero agradecer la colaboración de todas aquellas personas que ayudaron a la realización de esta tesis:

A *mis padres* por su amor y apoyo incondicional en todo momento, pero antes que todo, por darme la educación que me brindó la oportunidad de llegar hasta este momento y que es el motivo de mi mayor orgullo en la vida. ¡Gracias muchachos!

A *mis cuatro hermanos*, que junto con ellos, he comprendido el verdadero significado de amar a un hermano.

A *mi padrino* que me ha apoyado en cualquier actividad a lo largo de mi vida. ¡Gracias Quique!  
Al *Teniente-Coronel Víctor Estrada* quien me brindó todas las facilidades para realizar la investigación dentro del Heroico Cuerpo de Bomberos de la Ciudad de México, y quien sin su colaboración este proyecto dudo que se hubiera realizado. Mil gracias Víctor.

A *todo el personal del Heroico Cuerpo de Bomberos* por haberme ofrecido su amistad y experiencia en estos últimos dos años.

Al *D.I. Mauricio Moyssén Chavez* por dirigir esta tesis y por su sincero voto de confianza desde el principio.

A *Ma. de los Angeles Pérez Cruz* por apoyarme incondicionalmente durante todo el tiempo que se llevó este proyecto en la recopilación de datos de materias primas, manufactura, mercado, importación y exportación de equipos de seguridad, pero sobre todo por su infalible honestidad.

A *Daniel Gutiérrez Mejorada* por su asesoría y colaboración en el diseño y la manufactura de las prendas de vestir de esta tesis.

Al *Ing. Ulrich Sharer*, al *Dr. Ernesto Cárcamo S.* y al *Dr. Julio César Margain Ch.* por su asesoría en la especialidad de cada uno de ellos.



**A todos mis amigos, y me refiero amigos a todas esas personas que han significado algo más que un simple compañero de viaje en mi vida: Enrique, Carlos, José Luis, Tere, Toy, Tona, Irela, Manuel, Sergio, Ricardo, a todos ustedes... ¡muchas gracias!**



## CONTENIDO

### INTRODUCCION

Una sociedad cada vez más demandante  
Ciudades e Industrias: centros de alto riesgo

### ANTECEDENTES

El Heroico Cuerpo de Bomberos  
Actividades del Heroico Cuerpo de Bomberos

### EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL

### VULCANO: UNA PROPUESTA INTEGRAL

EL CASCO

EL CHAQUETON

EL PANTALON

LOS GUANTES

### CONCLUSIONES

### BIBLIOGRAFIA Y ANEXOS



## **INTRODUCCION**

### **CIUDADES E INDUSTRIAS: CENTROS DE ALTO RIESGO**

Hoy en día, desde el momento en que se concibe la construcción de un inmueble, uno de los factores más importantes a considerar es el de la seguridad. Desde la casa habitación hasta en los grandes complejos industriales, se han establecido normas de seguridad que en algunas ocasiones consideramos exageradas, pero que están muy lejos de rebasar los límites de lo cotidiano.

Conforme las civilizaciones han ido desarrollándose, el consumo de energéticos ha sido exorbitante, llegando al punto del uso inconsciente de dichos recursos que llega a provocar accidentes de consecuencias graves. Cuántas veces no hemos sido testigos de siniestros en los que, haciendo a un lado las pérdidas materiales que generalmente son enormes, el número de vidas perdidas son el trágico reflejo del poder de devastación de nuestro propio afán por vivir "cada vez más cómodos".

La existencia de intrincadas redes subterráneas de agua potable y de desagüe, de complicados circuitos eléctricos e interminables cableríos de corriente eléctrica en todas las ciudades, significa un peligro latente para todos y cada uno de los habitantes, sin tener en cuenta que todos vivimos sobre una bomba de tiempo, ya que los equipos para el suministro de hidrocarburos y derivados, gas y gasolina principalmente, se encuentran en un constante deterioro, cuya consecuencia

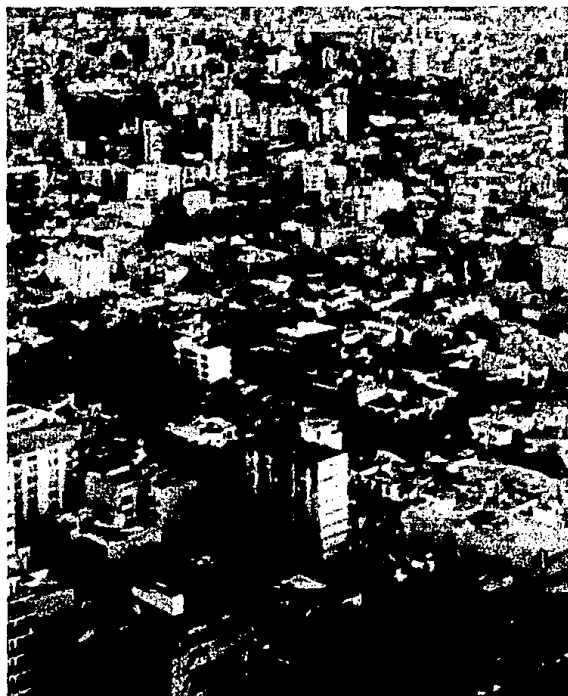


se hizo patente en la ciudad de Guadalajara en el mes de abril de mil novecientos noventa y dos.

Basta con que accidentalmente se haya quedado abierta una llave de gas de la estufa, o que se haya caído la ceniza de algún cigarro sobre la cama o, sin tener plena conciencia, que haya un chispazo como resultado de un corto circuito en el apagador de algún cuarto o del contacto del horno de micro-ondas, para que nuestra vida cambie completamente en cuestión de minutos. Estamos hablando de la situación de una casa hogar común y corriente. Pero ¿qué pasaría si estas fallas en los sistemas de energía tuviesen lugar en grandes complejos industriales, en donde los productos químicos se almacenan por miles de unidades y el riesgo de accidentes es enorme?

Las ciudades que habitamos, en las que diariamente nos enfrentamos a las presiones propias de las actividades, en las que no medimos consecuencias de las actitudes que asumimos o bien que no nos damos cuenta, requieren de complejos sistemas de vigilancia y seguridad civil que, de no existir, tendrían como consecuencias incidentes que no cabrían en la imaginación. En los inmuebles modernos que han sido construídos en los últimos años, los sistemas de seguridad han revolucionado los conceptos de rapidez que hasta entonces se tenían. En el momento en que suena una alarma de incendio en un edificio, un complejo sistema computarizado da aviso inmediatamente a los servicios de emergencia disponibles, y comienza una operación lógica de los sistemas de aspersión contra incendios localizados en puntos estratégicos de dicho inmueble. Estos son los "*edificios inteligentes*" que se construyen hoy en día, pero estos sofisticados medios de seguridad no son suficientes para evitar los accidentes que en ocasiones acaban en tragedias.

Como una muestra de la gran variedad de accidentes que pasan a diario en una metrópoli, se anexa una tabla del total de servicios proporcionados por el Heróico Cuerpo de Bomberos en los últimos cinco años en la Ciudad de México, la ciudad más grande del orbe. Dicha tabla expone algunos de los más de setenta tipos de accidentes que a diario tienen lugar entre la población y que requieren la movilización de al menos una unidad de rescate o bien que significan un peligro latente dentro de la ciudad.





SERVICIOS	1989	1990	1991	1992	1993
FUGAS DE GAS	7508	8839	7695	9774	5044
INCENDIOS	2727	2478	3401	3916	2539
SERVICIOS DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS	697	998	2622	2295	1220
CHOQUES Y VOLCADURAS	606	647	1244	1588	835
TALAS DE ARBOL	436	453	816	999	507
INUNDACIONES	383	493	785	697	292
SERVICIOS DE PROPORCIONAR AGUA	361	348	821	704	93
RESCATES	199	135	214	279	128
CABLES CAIDOS	170	217	327	259	12
CORTOS CIRCUITOS	148	149	207	600	310
FLAMAZOS	95	114	119	70	10
DERRAMES DE FLUIDOS	85	163	235	514	45
RESCATE DE CADAVERES	64	82	129	89	33
DERRUMBES	39	47	45	160	82
EXPLOSIONES	37	41	61	56	29
FUGAS DE SUSTANCIAS TOXICAS	20	15	21	22	
RETIRO DE ENJAMBRES	♦	13	4454	6116	6046
OTROS SERVICIOS	♦	327	341	2963	2101
FALSOS AVISOS	2211	2291	3972	5931	3339
TOTAL	15786	17850	27552	37748	22669



## UNA SOCIEDAD CADA VEZ MAS DEMANDANTE

Bien sabemos que las necesidades de las ciudades de hoy en día crecen a una velocidad increíble y que vez con vez demandan más y más servicios. Los gobiernos de todo el mundo gastan cantidades exorbitantes de los presupuestos en un intento por saciar estas necesidades. Sin embargo, en su afán por llevarlo a cabo han ido creando *elefantes blancos* difíciles de atender, con la consiguiente deficiencia en la calidad de dichos servicios.

Con el impresionante avance de la tecnología, se tiene acceso a un sinnúmero de servicios y comodidades que hasta hace pocos años hubiera sido difícil de imaginar. Hoy en día tenemos la posibilidad de viajar miles de kilómetros en pocas horas por medio de modernos aviones, de reproducir imágenes y sonidos a una gran distancia, o bien de correr a velocidades que espantarían a cualquiera a bordo de lujosísimos coches deportivos que contaminan cada vez menos con su *refinado sistema de consumo de gasolina* y tenemos acceso a todo tipo de objetos producidos por una industria que contamina cada vez más nuestro planeta, con el uso de fibras y materiales artificiales de gran riesgo. Y me refiero a gran riesgo, pues estando en la habitación de una casa convencional, observamos muchos objetos confeccionados con una serie de materiales tremendamente inflamables y de una toxicidad enorme. Estoy hablando del *osito de peluche*, del *bajo alfombra*, de las *sábanas de la cama*, de las *cortinas*, del *portafolios*, del *escritorio con cubierta de laminado plástico*, etc.



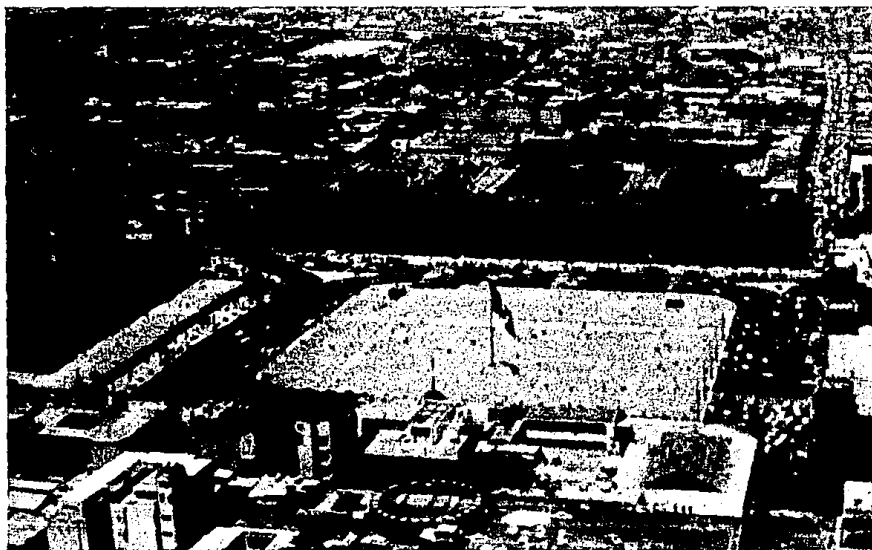
Incluso en el asfaltado de las calles lo vivimos a diario, desde el momento en que sorprendemos a un individuo que sigilosamente se introduce por un registro en la banqueta para arreglar alguno de los cientos de miles de cables que discretamente serpentean por debajo de una rugosa superficie que requiere de mantenimiento por parte de una institución, muy probablemente privada, que a su vez utiliza recursos de hidrocarburos para proveer a su flotilla de algunas decenas de unidades móviles que se unen a los miles o quizás millones de automóviles que diariamente se movilizan en calles que requieren de alumbrado público, de señalizaciones de tránsito, de servicios de limpieza, etc. Las constantes obras para hacer crecer la infraestructura de puentes, vías rápidas, túneles, repavimentado, etc., las sufrimos diariamente en los embotellamientos que éstas ocasionan.

Los sistemas de transporte público son tan variados y complejos que nos es difícil imaginar los millones de kilómetros de cables eléctricos que corren a través de algunos de ellos, como lo son el Sistema de Transporte Colectivo Metropolitano, los trolebuses y trenes ligeros, así como también las redes de comunicación trazadas por los cientos de camiones de transporte urbano dentro y en las afueras de la ciudad nos resulta pantagruélico.

Una ciudad de esta envergadura necesita espacios para la recreación y el entretenimiento, por lo que las empresas dedicadas a esta tarea gastan muchísimo en promocionarse. Hoy en día observamos por todas las calles de la ciudad un sinnúmero de anuncios luminosos, rotatorios y fijos que nos venden desde una pluma "Bic" hasta un viaje a Hawaii todo pagado haciendo alarde de un número incontable de trucos consumistas.



Después de esta minúscula prueba de lo que significa una sociedad moderna, sin importar siquiera si está dentro de un sistema consumista o no, comienza a tomar cierta importancia este aspecto por tanto tiempo descuidado de la seguridad en una ciudad, por pequeña que ésta sea.



## ANTECEDENTES

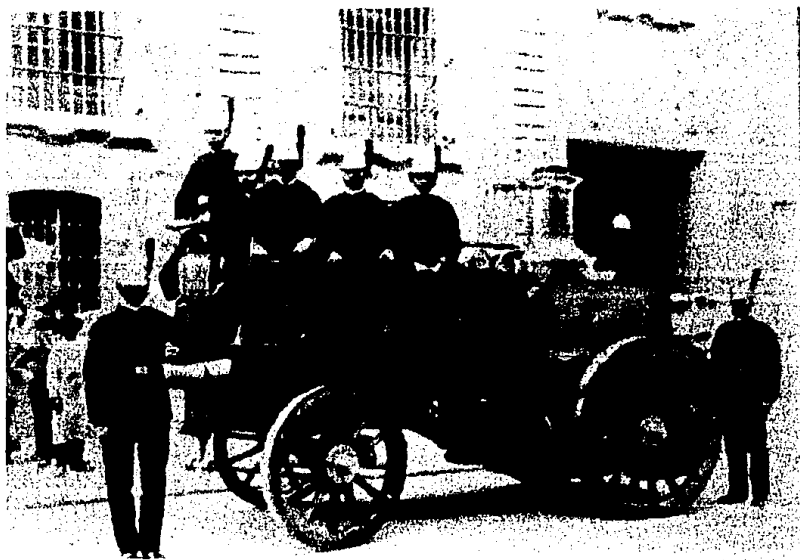
### *EL HEROICO CUERPO DE BOMBEROS (HCB)*

En el estado de Veracruz, en el año de 1882, surge la gran industria de la explotación del petróleo en México, como resultado de la proliferación de campos que contenían este energético en todo el mundo. Debido al alto riesgo en las actividades de extracción, esta industria requería de un cuerpo de seguridad que respondiera a cualquier incidente, por lo que se conformó el primer grupo de bomberos en la República Mexicana al mando de un oficial del ejército, el Mayor Leonardo del Frago, cuyo nombre lleva la actual estación central de Bomberos en la Ciudad de México. Fue el 20 de diciembre de 1887.





Una vez que la primera refinería se hubo instalado en Veracruz bajo el nombre de Compañía Mexicana de Petróleo, se fundó rápidamente en la capital de la República la primera estación de Bomberos con base en la calle de Betlemitas (actualmente Filomeno Mata), al mando del primer comandante Jesús Blanquel y los oficiales Jesús Ramos y Antonio Pimentel entre otros más. La segunda compañía se encontraba en la calle de Tulipán y la tercera en Salto del Agua. En ese entonces el HCB contaba con una bomba grande de vapor; dos de doble acción para ser movidas a mano; cuatro pequeñas del mismo tipo; carros para transporte de hombres; escaleras ligeras; malacates, mangueras, herramientas; seis cocheras y un taller mecánico, encargado de dar mantenimiento a las modernas máquinas de vapor que habían venido a sustituir a los carruajes tirados por caballos.



Ya desde principios del siglo XX se recordarian grandes incendios sofocados por los incansables "tragahumos": en el año de 1900, la noche del veintisiete de septiembre, se incendió de manera espectacular el cajón de ropa llamado "La Valenciana", situado en el Portal de las Flores de la Plaza de Armas. Seis años más tarde, este siniestro se repitió ocasionando la posterior demolición del inmueble para dar paso a lo que hoy conocemos como la avenida 20 de noviembre, en el centro de la ciudad. Ya desde entonces el HCB se caracterizaba por la entrega incondicional de sus miembros, al igual que el hasta día de hoy, 106 años después. Todos y cada uno de los poco más de seiscientos

bomberos activos en la capital y de los cientos que operan diariamente en el interior de la República son hombres de entrega y coraje totales.

Actualmente, los elementos del HCB cuentan con un respaldo de maquinaria y equipo de alta tecnología, como lo son la ropa de protección, los equipos de penetración, los camiones-bomba, las escalas, los carros-tanque, todo esto aunado a un eficiente equipo de apoyo logístico, sirven diariamente a un promedio de ciento veintiseis servicios en la Ciudad de México.





## *ACTIVIDADES DEL HCB*

Como es de suponer, la administración de cualquier gobierno es incapaz de proporcionar tantos servicios sin descuidar la seguridad que forzosamente debieran llevar éstos consigo. Aquí es cuando los grupos dedicados a esta tarea hacen su labor, que no podríamos decir es discreta, ya que se movilizan muchas instituciones y personal calificado para dicho fin.

Por poner un ejemplo muy palpable, supongamos que estando en el interior de nuestro hogar, observamos que de la casa de enfrente, comienzan a salir gruesas columnas de humo y que decenas de curiosos comienzan a arremolinarse en torno a aquel lugar. Lo más lógico de pensar, es que tomemos el teléfono y marquemos un par de dígitos (08) y demos aviso a las autoridades. En el momento en que colgamos el auricular, una gran actividad acaba de despertar. En cuestión de segundos, unidades de la Secretaría General de Protección y Vialidad (SGPV) en patrullaje han sido avisadas. De igual manera, las unidades de los cuerpos de rescate, tanto privados como estatales, son puestos en alerta y de la misma forma los bomberos de alguna estación cercana se dirigen rápidamente al lugar citado.

Es de estos últimos elementos de quienes me voy a ocupar de ahora en adelante y quienes reciben el nombre genérico de **VULCANOS** en la SGPV, cuyo honroso nombre se usa para distinguir este proyecto.

En el momento en que ha sonado la alarma en la estación de reclutamiento, sin importar la hora que sea o la actividad que estén desarrollando, todos y cada uno de los elementos involucrados



en ese momento tienen la obligación de estar en sus lugares de servicio dentro de un camión en no más de 45 segundos, perfectamente bien uniformados (¿o protegidos debiera decir?) y, salvo el chofer y su ayudante, sin la menor idea de hacia dónde se dirigen ni a qué peligro se van a enfrentar.

Una vez en el lugar del siniestro, cada uno de los bomberos tienen una función específica que cumplir: el jefe de servicio al mando de ese primer batallón de incendios tiene la tarea de evaluar la magnitud del accidente y llevar a cabo un primer plan de ataque. Además de ser el propio chofer de la unidad despachada, este oficial es el que responde por la salud e integridad de cada uno de los seis elementos a su cargo:

*El maquinista:* esta persona cumple la función de ser "los ojos" del chofer. Es él quien ubica las rutas más rápidas y accesibles para llegar al siniestro. Una vez ahí, es el encargado de controlar la entrada y salida de mangueras, las tomas de agua, el control de las válvulas de presión, etc...

*El pitonero:* es el primero de los elementos que penetra al incendio. Este bombero es el que dirige el chorro de la manguera dependiendo de la intensidad del siniestro. También cuenta con un ayudante porque en ocasiones la presión del agua que corre por la manguera es demasiada para ser soportada por un solo elemento.

*El encargado:* el bombero que provee de la herramienta necesaria a cada una de los elementos en acción tiene un papel de suma importancia, ya que de él depende el correcto desempeño en el siniestro de los demás bomberos, de que puedan realizar sus tareas con el menor esfuerzo y lo



antes posible. Normalmente este papel lo desempeña un bombero novato dentro del grupo.

*El llavero:* dentro del batallón de incendios, este personaje es conocido como "el cobarde", ya que en el momento en que llegan al lugar del siniestro, corre en sentido contrario a donde éste se encuentra con el fin de abrir las tomas de agua situadas en la banqueta para el abastecimiento de la bomba.

*El electricista:* antes que cualquiera de los bomberos entre en acción, la electricidad del inmueble debe ser cortada, para evitar nuevos cortos durante el incendio. También es el encargado de proveer las líneas de luz al interior del lugar, si esto fuera necesario.

Dependiendo de la magnitud del incendio, pasan de dos a seis horas antes que se retiren de nuevo a su cuartel. Ya de regreso a la base, si durante ese lapso ha surgido otro accidente en el que tengan que intervenir, no regresan hasta haber cumplido con todos los servicios que se vayan presentando. En muchas ocasiones, sobre todo en los fines de semana, pasan prácticamente toda la madrugada fuera de su cuartel atendiendo llamadas de auxilio, principalmente accidentes automovilísticos y fugas de gas.



Pero este parco ejemplo es tan sólo una muestra del sinfín de tareas que los bomberos de ésta y de otras miles de ciudades en todo el mundo realizan a diario. Pero en el caso de México, la situación política y social ha desarrollado un *perfil de bombero* muy especial.

Las normas que se han establecido para el reclutamiento de elementos del HCB indica que su estatura mínima debe ser de 1.70 m. Pero si tomamos en cuenta que la estatura promedio del hombre mexicano es de 1.65 m resulta difícil imaginar a elementos mayores de la medida reglamentaria que, aunque sí los hay, es raro el que sobrepasa el 1.80 m. Así mismo requieren aprobar un par de



exámenes sicométrico y médico exhaustivos con el fin de asegurar un óptimo desempeño en todo tipo de siniestro. Periódicamente son examinados de nuevo con el fin de mantenerse en una excelente condición y poder soportar el ritmo de vida tan pesado en el que se desenvuelven.

El bombero de las grandes ciudades de la República Mexicana, cumple a diario con un sinnúmero de tareas, muchas de las cuales no tendrían que atender si las instituciones públicas creadas específicamente para ello fueran competentes en sus labores. Me refiero a lo siguiente: de un promedio diario de ciento veintiseis llamadas telefónicas reportando algún siniestro, alrededor de un ochenta por ciento lo ocupan las fugas de gas y la localización de panales de abejas. Existen dependencias dedicadas a la atención de estos incidentes, pero son completamente ineficientes en este aspecto, relegando estas tareas al HCB. No hablemos tampoco de las épocas de lluvias, donde los borbollones de un número incontable de registros en las calles aniegan avenidas y viviendas mientras los bomberos se encargan de desazolverlas y limpiarlas! Por ser una institución pública de ayuda, los servicios que pide la población no se pueden negar, aunque el personal de apoyo logístico encargado de recibir dichas llamadas antes de apresurarse a mandar un servicio buscan las mejores alternativas para que el solicitante acuda a alguna otra institución.

Pero existen ocasiones en que aunque el servicio solicitado se encuentre completamente fuera de los acostumbrados, si éste pone en peligro vidas humanas, sin más demora el servicio es enviado. Estos casos son frecuentes en el "rescate" de animales domésticos que se encuentran en lugares de difícil acceso o bien la captura de animales en condición salvaje que ponen en peligro la vida de las personas directamente afectadas.



Aunque la cantidad y la clase de siniestros varían dependiendo de la época del año, los trescientos sesenta y cinco días de cada año los bomberos de la Ciudad de México reciben decenas de llamadas, de las cuales afortunadamente pocas acarrear fatales consecuencias. Gracias al tipo de construcción que se edifica en nuestro país, los incendios ocupan el segundo lugar importante dentro de los servicios cubiertos por los *VULCANOS*, pero también se aprecia que las fugas de gas son los servicios más solicitados, y en su mayoría se deben a las malas condiciones en que se encuentran las instalaciones en los inmuebles.



En la Ciudad de México existen diez estaciones de bomberos que dependen directamente del Estado situadas estratégicamente en la metrópoli, pero también están otras como la estación de Bomberos de la UNAM dentro de la Ciudad Universitaria o la estación militar ubicada dentro del campo militar n° 1. Aunque el número de elementos es suficiente para atender a la demanda de servicios, las distancias que tienen que recorrer para llegar al lugar del accidente es, en ocasiones, muy grande, lo que ocasiona que algunas veces tarden más de media hora en llegar ésto aunado al gran tráfico que encontramos en horas pico en las principales arterias de la ciudad. A pesar de que el equipo de protección que encontramos en la estación Central de Bomberos es imponente, a medida que las estaciones se van alejando del foco de actividades de la ciudad, este indispensable material comienza a escasear y llegan incluso al extremo de hurtar material de entre las estaciones.

Aunque esta situación aparece como inimaginable, llega a suceder, haciéndose latente la poca protección con que cuentan en la institución y el ínfimo interés del gobierno por atender esta necesidad que afecta no sólo al HCB sino a la seguridad de toda la población.



## **EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL**

Es bien conocido en todo el mundo que la profesión de bombero es la más peligrosa, siendo la que cobra más víctimas y ocasiona más lesiones.

Desde finales del siglo pasado, surge en Estados Unidos de América (EUA) una asociación preocupada por las condiciones de seguridad que guardaban los elementos de los cuerpos de rescate. Es la National Fire Protection Association (NFPA), la que hasta hace 48 años encontró una respuesta en México, con la Asociación Mexicana de Higiene y Seguridad. La NFPA ha llevado por años la tarea de poner a prueba todos los materiales de innovación que han sido propuestos como componentes en equipos de protección, haciendo exámenes de impacto, de resistencia a la flamabilidad, de resistencia al desgarre, etc. tomando entonces la vanguardia mundial en este campo.

En México, la existencia de industrias dedicadas a la fabricación de equipos de protección personal comenzó hará un par de décadas, limitándose a la importación de modelos extranjeros, principalmente estadounidenses, y posteriormente a la copia del diseño para su posterior maquila, actividad que en los últimos cinco años se ha incrementado notablemente por las circunstancias de apertura comercial dadas por el GATT y el TLC, por lo que no hay una industria dedicada al diseño de esta clase de artículos.

Los equipos de protección personal que actualmente circulan por todo el mundo, constan



generalmente de las siguientes partes:

- Casco.- Protección de la cabeza y cuello
- Chaquetón.- Protección de torso y brazos
- Pantalón.- Protección de piernas
- Botas.- Protección de pies y pantorrillas
- Guantes.- Protección de manos

En algunos casos, como en México, los pantalones no han sido requeridos como parte del equipo reglamentario de protección y en su lugar se utiliza un chaquetón largo y botas hasta las ingles, simplemente por una tradición que es ya inoperante dadas los constantes cambios tanto en la industria como en el entrenamiento para el ataque a siniestros.

Dada la naturaleza de su uso, estas prendas para protección están hechas de los más variados materiales, todos derivados de polímeros en distintas presentaciones, que van desde telas retardantes a la flama hasta plásticos inyectados resistentes a la penetración y a la flama, así como cintas reflejantes, suelas vulcanizadas, todos éstos dieléctricos, etc. pero todas ellas con el único fin de brindar la mayor protección al cuerpo del ataque de sustancias químicas, de elevadas temperaturas ambientales, del agua, de la penetración de objetos punzocortantes, etc. Las industrias dedicadas a este tipo de equipos de seguridad cumplen con las más estrictas normas de calidad que existen en el mercado, ya que de ello dependen las vidas de aquellas personas que a diario arriesgan su vida por nosotros.



Según las normas de calidad con que deben cumplir estos equipos, la NFPA publica una serie de reglamentos que deben cumplir los fabricantes de equipos de seguridad, a saber:

- NFPA 1972 Standard on Helmets for Structural Fire Fighting
- NFPA 1975 Standard on Station/Work Uniforms for Fire Fighters
- NFPA 1974 Standard on Protective Footwear for Structural Fire Fighting
- NFPA 1973 Standard on Gloves for Structural Fire Fighting
- NFPA 1971 Standard on Protective Clothing for Structural Fire Fighting

Se anexan las copias pertinentes de estas normas para su consulta.

Con base en estos reglamentos se deben definir los materiales y manufactura de los equipos de seguridad en los Estados Unidos . Cada uno de los distintos lotes que salen de producción son probados por una serie complejísima de exámenes, cuyas especificaciones también son observadas por las normas de la NFPA. Incluso aquí en México, en ciertas fábricas se cuenta con el equipo necesario para la realización de dichas pruebas de laboratorio. Tal es el caso de HBH Bullard de México, que se dedica a la fabricación de cascos, filtros de vapores y reductores de ruido para la industria nacional. Esta empresa tiene la capacidad instalada para fabricar hasta 2500 cascos diarios, pero solamente tiene producción de 4000 al mes. Esto se debe a que los cascos que comenzaron a importar de los EUA y Canadá tienen unas características superiores a los suyos y grandes empresas como PEMEX han cancelado contratos con esta compañía, porque los cascos extranjeros tienen un desarrollo impresionante en cuestión tecnológica y ofrecen la seguridad que los usuarios requieren



como, por ejemplo, la protección a la cara por medio de una careta abatible, o un sistema hecho por medio de uretanos que absorbe la energía de los impactos en golpes, etc.

## *LOS EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL ACTUALES*

### *VENTAJAS Y DESVENTAJAS*

Hasta hace unos cuatro o cinco años, el HCB de la República Mexicana contaba con los mismos diseños de equipos de seguridad que a principios de este siglo. Aunque esto parezca increíble, durante algo más de setenta años los bomberos mexicanos combatieron un sinfín de siniestros con las mínimas condiciones de seguridad personal. Su equipo consistía de un casco de metal sumamente pesado y caliente sin un sistema apropiado de suspensión ni de ajuste. La cabeza estaba en contacto directo con la coraza de metal, y los bomberos se veían obligados a improvisar todo tipo de pañuelos y telas para que cumplieran de algún modo la función de amortiguar los golpes y hacer menos áspero el contacto con esa superficie. Cada elemento del HCB, según su jerarquía, usaba un distintivo fabricado en metal con un dorado posterior. Incluso la cinta del barbiquejo constaba de una serie de placas de ornato, también doradas, que incrementaba el peso del casco de manera considerable. Tenía un barreno al frente de la cresta para favorecer la ventilación., barreno de aproximadamente 12 mm de diámetro con un ángulo de inclinación que impedía de manera deficiente la entrada de líquidos o proyectiles al interior del casco. Posteriormente este mismo modelo de casco se fabricó en resina poliéster reforzada con fibra de vidrio (fig 1), sin resolver ninguno de los problemas con que ya contaba

este elemento de protección salvo que este nuevo material se calentaba menos que el metal.

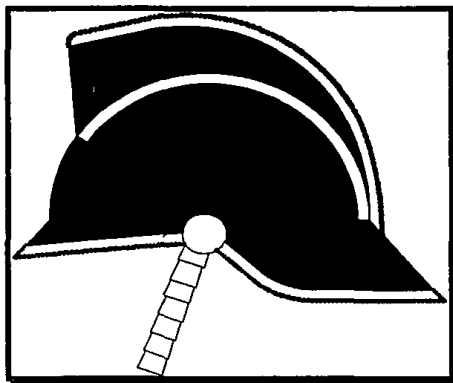


FIG 1 .-CASCO ROMANO HECHO DE RESINA  
POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO

Lo que más se resiente en un incendio, fuera de las constantes intoxicaciones, son las quemaduras por radiación calorífica. La cara es la parte del cuerpo que más se daña al recibir el calor directo. Los cascos romanos al estar desprovistos de una careta protectora, inducían a que el pitonero y su ayudante entraran al siniestro con el casco puesto al revés, esto es, con el faldón cubriéndoles la cara. Esta acción hacía que el bombero entrara completamente a ciegas con el posible riesgo de



accidentarse. Este método no sólo es usado por los bomberos mexicanos. Al menos en los EUA también se utiliza de esa forma en algunas ocasiones pero no deja de ser una acción sumamente peligrosa. Por otro lado, la estructura de la coraza era de geometría esférica, en completa discordancia con las normas de la ergonomía si tomamos en cuenta que carecían de cualquier sistema de suspensión . Obviamente, al no poderse ajustar tampoco el radio interno del casco y siendo de fibra de vidrio de manera artesanal, lo que significa que no existía uniformidad en los tamaños, el gran problema que surgió entonces fue que las mascarillas de penetración no cabían por debajo del casco, y los bomberos tenían que adentrarse al siniestro sin ninguna protección en la cabeza.

El chaquetón era una *gabardina* larga con revestimiento impermeable que lo hacía muy pesado (alrededor de ocho kilogramos) que llegaba hasta la mitad del muslo a manera de faldón. Era una prenda incómoda, según lo afirma la mayoría de los bomberos entrevistados, pero les daba la suficiente protección del cuerpo. Pero existía un problema: en ocasiones, los servicios a los que asistían requerían de una gran movilidad, como saltar bardas, trepar árboles, y este chaquetón les impedía el libre movimiento de las piernas, por lo que tenían que desabrochar los ganchos de seguridad de la parte inferior de esta prenda, quedando así al descubierto la parte media del cuerpo, que ocasionalmente resultaba afectada con raspones y quemaduras principalmente. Del mismo modo, las botas que tenían constaban de una extensión elástica hasta la ingle, que en los servicios prestados en incendios, provocaban una sensación de quemadura en toda la parte de los muslos, por el alto grado de temperatura que alcanzan estas prendas.

El peso del equipo completo, incluyendo el de penetración era en aquel entonces de cerca de



los veinte kilos. Es difícil imaginar subir diez pisos de un edificio arrastrando una línea de mangueras con veinte kilos de sobrepeso en un ambiente enrarecido con humo y gases tóxicos.

En cuanto la importación de artículos comenzó a representar menos trabas económicas, la introducción de equipos de seguridad extranjeros tuvo su auge y, con ello, una época de descubrimientos en este campo por parte de los elementos del HCB, percatándose de las paupérrimas condiciones en las que se habían visto por muchos años. Una medida de la SGPV fue someter a concurso la proveeduría de dichos equipos a todas las empresas del ramo, ya fueran fabricantes o importadores, quedando elegido un equipo de seguridad importado. Como es de suponerse, el reemplazo de equipo se realizó y lo que en un principio se creyó iba a ser una solución integral al problema de la seguridad en esta Institución, comenzó a tener una serie de dificultades.

La primera de ellas surge como consecuencia de las características antropométricas de los hombres estadounidenses respecto a los mexicanos, ya que éstos últimos son de talla más pequeña que los primeros, razón por la cual los chaquetones quedaban muy grandes, así como las botas, por las cuales los bomberos mexicanos sufren de inflamaciones, ampollas y hongos por exceso de humedad en los pies. A pesar de que los cascos son fabricados con materiales de vanguardia, no son aplicables a la realidad nacional, ya que por falta de información en el mantenimiento y cuidado del equipo, éste se maltrata rápidamente y muchas veces se toma inoperable: la visera se opaca, las correas internas se rompen, etc. y no existen refacciones.

Desgraciadamente en México no existe aún una norma de seguridad para estos cuerpos de



rescate, por lo que solamente se puede hacer referencia a normas de protección norteamericanas dictadas por la NFPA, de las que se anexan los artículos más importantes para dicha causa.

## *PROTECCION DE LA CABEZA*

Ahora bien, con base en entrevistas realizadas a distintos elementos del HCB se han puesto en manifiesto los siguientes puntos: de los equipos importados proporcionados últimamente, el casco es el que más problemas presenta:

- El principal de ellos, es la estructuración de la concha (coraza externa) que, a pesar de que cuenta con un sistema de absorción de energía para impactos fabricado con espuma de alta densidad, los golpes recibidos por diversos tipos de proyectil en los siniestros son resentidos fuertemente en la cabeza. Aunque no son muy frecuentes este tipo de golpes durante un siniestro, concluyeron que los cascos anteriores (de tipo romano) resolvían con mayor eficacia esos problemas gracias a la gran cresta que presentan, aunque éstos son sumamente pesados por la gran cantidad de material de que están hechos.

- Los cascos actuales tienen integrada una protección facial en forma de careta transparente (fabricada en resinas apropiadas para estos casos). Dependiendo del tipo de siniestro, esta careta se empaña por falta de circulación del aire expirado por el usuario o bien se ennegrece por la cantidad de denso humo que se encierra ahí, provocando el entorpecimiento en la acción. De igual manera, esta careta es objeto de golpes y raspones constantes y después de un tiempo limitado de uso, se convierte



en un obstáculo a la vista, más que una protección al no contar con un mantenimiento adecuado.

- La ventilación en la parte superior de la cabeza es deficiente en estos cascos importados, ya que prácticamente están sellados en su interior. Este problema puede ocasionar serios dolores de cabeza así como la pérdida paulatina de cabello por exceso de humedad como resultado de largos períodos en acción. En contraste, los cascos de tipo romano cuentan con un orificio de ventilación al frente, pero éste se encuentra demasiado expuesto y hace vulnerable el interior del casco a la entrada de objetos o líquidos que se encuentran dentro de un siniestro.

### *PROTECCION AUDITIVA*

- Las orejas prácticamente no sufren exposición directa en un siniestro, y la protección por medio de una capucha es suficiente. El ruido en un siniestro, sin embargo, sí es un problema, ya que no permite la comunicación eficiente entre los elementos.

- Tanto la careta como el sistema de fijación a la cabeza son los dos subsistemas que más se desgastan en el casco y, como no existen piezas de repuesto, estos importantes sistemas se tienen que quitar o simplemente reponer el casco entero.

### *PROTECCION DE TORSO Y PIERNAS*

- El sistema de cierre de los chaquetones es pobre. Existen de dos tipos: el que se cierra por

medio de un gancho de metal con un resorte en su parte interior que bloquea en un sentido la salida de la hebilla. Estos ganchos son muy molestos porque son muy voluminosos y constantemente se atorán con diversos objetos que se encuentran en los siniestros tales como varillas o salientes de concreto o madera. El otro sistema es por medio de un cierre de plástico que corre a a todo lo largo del chaquetón y cubierto por una solapa de VELCRO ®. El cierre rara vez es utilizado por los bomberos ya que se atora con el uniforme de la estación que se encuentra debajo del chaquetón por lo que su seguridad recae en una sola tira de VELCRO.

- Las botas también presentan algunos problemas de consideración, pero el más relevante de ellos es el de las tallas disponibles, ya que inexplicablemente las autoridades que se encargan del abastecimiento de equipo regularmente piden tallas del seis en adelante, y quedan demasiado grandes, provocando sudoración excesiva en los pies de los bomberos. Una de las razones de más peso por parte de los bomberos, es el sobrecalentamiento de la parte flexible de las botas (que llega hasta la ingle) en los siniestros en que se registran incendios de gran magnitud, que provoca una sensación de adhesión a la piel y la consiguiente quemadura.

Quizás uno de los datos más relevantes obtenidos en las entrevistas realizadas entre los bomberos, es el hecho de que, según la opinión de uno de los capitanes, hace falta capacitación del personal para cuidar y dar mantenimiento al equipo y, por ser éste de procedencia norteamericana, no se tienen a la mano estos datos, recurriendo a la improvisación de repuestos que ponen en peligro la vida de sus usuarios.



Debido a la diversidad de incidentes a que los bomberos acuden, no siempre el equipo de seguridad es el más adecuado. En ocasiones como en las talas de árboles, o fugas de gas, o bien si tienen que cargar algún objeto de gran magnitud, la gabardina les es muy incómoda y al quitársela, queda al descubierto su uniforme, que al estar fabricado con materiales de baja resistencia a desgarres o quemaduras (nylon), no ofrecen una apropiada protección al bombero. Esta gabardina se toma en ocasiones muy caliente, ya que al trabajar bajo el sol directo esta prenda se sobrecalienta y es incómoda.

## *PROTECCION DE LAS MANOS*

La SGPV consciente de que los guantes son una parte importantísima del equipo, adquirió unos guantes importados tan adecuados, que al poco tiempo desaparecieron, como consecuencia del robo interno en la corporación. Ya que la única forma de adquirir estos artículos a un costo accesible es en camaza, los bomberos prefieren prescindir de éstos porque después de la primera vez en servicio, los guantes se toman inservibles. Existe la alternativa de usar guantes de piel, que resultan ser un buen auxiliar, pero al no estar diseñados para este tipo de trabajo tan rudo, se desgastan prontamente, ocasionando lesiones en las manos de los usuarios. En la tabla 1 se muestran las características que presentan los equipos de protección personal con que cuentan actualmente los bomberos en la República Mexicana, estando marcados con ♦ aquellas partes del cuerpo que tienen el carácter especificado en cada columna.

CARACTERISTICA	PROTEC. INTEGRAL	PROTEC. LOCAL	COMODIDAD	AJUSTE con EQUIPO	SEÑALIZACION	VIZUALIZACION	FIABILIDAD	MANTENIMIENTO
OBJETIVO								
CABEZA	♦			♦	♦		♦	
CARA		♦		♦				
CUELLO	♦	♦	♦				♦	
TRONCO	♦		♦	♦	♦		♦	♦
BRAZOS	♦		♦	♦			♦	♦
MANOS		♦		♦				
PIERNAS		♦	♦					♦

Tabla 1.- ANALISIS DEL EQUIPO DE PROTECCION ACTUAL

Por las razones anteriormente expuestas, se desarrolla **VULCANO**, un **EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL PARA BOMBEROS** que satisfaga estas carencias, pero que principalmente pondrá un freno a la importación de productos del extranjero, ya que en México sí existe la infraestructura necesaria para superar estas desventajas.



## **VULCANO:** **UNA PROPUESTA INTEGRAL**

**VULCANO**, es un equipo de protección personal integral para bomberos, basado antes que nada en la *funcionalidad* y en la *semiótica*.

Antes que cualquier otro aspecto, la *funcionalidad* de este tipo de objetos es primordial, dadas las condiciones de uso en que los usuarios potenciales (principalmente bomberos profesionales) se desarrollan. El objetivo específico de estos equipos es el de proveer al usuario de la máxima protección posible en condiciones extremas de operación, tales como el contacto con sustancias químicas, fuego, radiación calorífica, objetos punzo-cortantes, etc. Pero no es tan sencillo como parece: al estar en estas condiciones de tensión el cuerpo humano sufre un gran desgaste físico y emocional por lo que se tienen que tomar en cuenta una gran cantidad de aspectos antropométricos, ergonómicos e incluso psicológicos.

La antropometría juega un papel importante porque, como se mencionó anteriormente, las características del cuerpo del mexicano son diferentes a las del norteamericano. La estatura media en la población masculina de los EUA es de 1.77 m. y de la mexicana es de 1.65 m. Esta diferencia es crucial para efectos de las tallas de las prendas propuestas para el bombero: el chaquetón y el pantalón.

Las prendas que conforman este equipo de protección personal se encuentran en constante



contacto con el cuerpo humano bajo condiciones inusuales de agotamiento físico y mental. Por ello sus exigencias son mayores que las de otros productos. Es aquí donde la ergonomía juega un papel de vital importancia porque de ella depende el óptimo desarrollo de todas y cada una de las actividades del bombero. Aquí son muchos los aspectos a analizar. Desde los materiales utilizados en la confección de las telas así como su corte, hasta el ajuste necesario en el arillo del que suspende el casco para sujetarse a la cabeza.

Estos dos puntos, la antropometría y la ergonomía se abordarán extensamente en el desarrollo de cada una de las partes que conforman a **VULCANO**.

El aspecto psicológico sin embargo, es una parte delicada de tratar, ya que estamos hablando de las respuestas nerviosas de cada bombero en momentos de gran tensión y que resulta ser una visión completamente subjetiva. Pero existen algunos puntos de gran interés que vale la pena mencionar.

La *semiótica* se define como el lenguaje de un objeto, es decir, las sensaciones que puede despertar cualquier producto con sólo mirarlo o tocarlo. Aquí influyen una gran cantidad de factores como el contexto social en que se vive o el nivel cultural del usuario, provocando la respuesta deseada por el diseñador del objeto: por ejemplo, se puede decir cuándo un objeto está orientado hacia un mercado femenino, de cierta edad, con un nivel socioeconómico determinado, etc. a través del envase de un perfume, o de igual manera se deducen las características del mercado potencial en una rasuradora para caballeros.



En el diseño de **VULCANO** se encuentran algunas premisas. Todas las partes del equipo están basadas en el diseño del casco. Como se mencionó anteriormente, durante muchos años (desde 1906), los elementos del HCB utilizaron el mismo diseño de su equipo de seguridad, y comenzaron a ser identificados por la población por el *casco romano*, un casco muy peculiar que se caracterizaba por una gran cresta situada al frente y un faldón corto pero muy pronunciado hacia la parte posterior de la cabeza (fig. 1). En el momento en que los equipos importados suplieron a los anteriores, el casco cambió radicalmente. Este hecho tan sin importancia a primera vista, acarreó una serie de efectos negativos en los bomberos: comenzaron a sentirse *poco protegidos* durante el combate de siniestros y aparecieron fuertes dolores de cabeza por falta de ventilación. Esto traía consigo una sudoración excesiva y la consiguiente aparición de hongos (como la caspa) y, en algunos casos, la pérdida prematura del cabello. También, según los elementos de más experiencia, la protección en el cuello y nuca era deficiente.

La mayoría de los bomberos entrevistados aseguran que el casco anterior, el *romano*, era mejor que los modernos y "vanguardistas" que usan hoy en día. Es por esta razón que el casco propuesto por **VULCANO** guarda una gran semejanza con el casco original del HCB. Este diseño ha provocado una respuesta positiva en los bomberos, ya que vuelven a *sentirse seguros* con la "forma" de dicho casco.

Con base en esta premisa se desarrolla el resto del equipo de protección, el que haciendo uso de colores y texturas, provee al bombero de una imagen de mucha valentía y coraje, que resulta en un rasgo inconfundible del bombero. Se eligió el color negro de los textiles porque el chaquetón que



utilizaban con anterioridad era del mismo color, (aunque no del mismo material) proporcionando así una uniformidad en todo el equipo. De igual manera, la señalización guardada por todas las cintas reflejantes de color amarillo, dan a conocer la ubicación exacta del bombero en cualquier posición en que éste se encuentre y, contrastadas con el fondo negro de la tela, ofrecen una mejor visibilidad del sujeto.

A continuación se describen cada una de las partes integrantes de **VULCANO**.



## **El casco**

Este es el elemento más complejo, ya que es el que protege directamente a la cabeza, en donde se alojan los órganos de la vista, el olfato, el oído y el habla, los que en coordinación permiten la buena percepción del medio. La percepción del entorno en un siniestro significa la diferencia entre la vida y la muerte de un bombero, por lo que un sistema de protección a la cabeza debe constar de las siguientes subsistemas:

### ***PROTECCION DEL CRANEO (HUESOS FRONTAL, OCCIPITAL, PARIETALES Y TEMPORALES)***

El objetivo primordial de este subsistema es la protección contra impactos directos de proyectiles a la cabeza (se entiende por proyectil cualquier objeto que choca contra otro como consecuencia de una explosión, de un desprendimiento de material, etc.) y de posibles contusiones como resultado de choques accidentales con muros, trabes, etc..

Para su buen funcionamiento, la coraza externa del casco debe estar fabricada de materiales dieléctricos, resistentes a impactos y retardantes a la flama, especificados en la NFPA 1972 *Standard on Helmets for Structural Fire Fighting*. Así mismo deberá permitir la visión de 120° a partir del plano medio sagital de la cabeza. El material idóneo para este casco, es un polímero llamado **NYLON ZYTEL ST®**, desarrollado por **Du Pont®** que además de ser un plástico sumamente ligero, tiene la propiedad de resistir altos impactos y soportar altas temperaturas (véase el folleto anexo).



Los sistemas de absorción de energía que constan de un forro interno del casco hecho con uretanos especializados, han sido eliminados en este casco por la forma del mismo. El hecho de que este casco de seguridad tenga una gran cresta en la parte superior, no es solamente un aspecto puramente de semiótica. Además de hacernos recordar los antiguos cascos romanos que utilizaban los bomberos, es un elemento estructural de gran importancia. Cualquier impacto que sufra el casco por proyectiles o por contacto directo con otro material, se repartirá uniformemente en toda la base de la cresta, con lo que la fuerza del impacto se distribuye de manera igual en el sistema de sujeción y el usuario no lo resiente tanto. Esta aseveración está basada tanto en cálculos de ingeniería de plásticos (manual G.E.), como por lo que a mi consideración es todavía más valioso, la experiencia por más de treinta y cinco años de elementos del HCB.

Con base en las entrevistas realizadas a distintos elementos del HCB de diferentes edades y experiencia dentro de la institución, se llegó a la conclusión de que es excepcionalmente raro que caigan proyectiles de gran envergadura sobre la cabeza del bombero. De esta forma, se elimina un sistema de absorción de energía muy costoso.

En la parte frontal de la cresta, se localiza un barreno en dirección a la parte interior-superior del casco. Este orificio de 12.7 mm (0.5") de diámetro cumple la función de la ventilación en la parte interna de esta coraza. Esa forma tan "caprichosa" cumple la tarea de provocar la circulación del aire hacia la parte posterior de la cabeza para que ésta esté bien ventilada sin que exista el riesgo de que penetren proyectiles o agua a muy alta temperatura por una abertura que de otra manera estaría completamente expuesta como en el casco anterior.



---

## PROTECCIÓN DE LA CARA (OJOS, NARIZ Y BOCA)

Este subsistema resulta de vital importancia, ya que la cara aloja los sentidos de la vista y el olfato así como el habla, de cuya mayor o menor exposición al medio dependerá el correcto desempeño del bombero.

Esta protección se logra con una careta abatible que protege la cara. La tarea de esta careta es proteger a la cara de impactos de proyectil, así como de la radiación calorífica y la intensidad lumínica, por lo que deberá cubrir por el frente y los dos costados los ojos y la nariz completamente y la boca en forma parcial. Deberá permitir el paso de luz con base en los siguientes porcentajes según *NFPA 1972 Standard on Helmets for Structural Fire Fighting*:

- caretas transparentes: no menos del 85 %
- caretas pigmentadas: no menos del 43%.

Algunos bomberos prefieren las caretas pigmentadas o "ahumadas" como ellos las conocen, pero otros las prefieren transparentes.

La careta consta de un sistema de giro que le permite abatirse del frente hacia arriba sin tener que quitarse completamente del casco, en el caso de siniestros que no pongan en peligro a la cara. Esto se logra mediante un par de pernos de presión, cada uno con su rondana de presión que se



ajustan a sendos costados del casco alojados en dos nichos que se integran formalmente, evitando así el uso de objetos sobrepuestos. La concha del casco tiene incluido un receptáculo que aloja a los componentes de este sistema, con el fin de evitar maquinar posteriormente el casco lo que debilitaría inevitablemente la estructura.

El casco consta de un sistema de suspensión removible por medio de un arillo de inyección que tiene cuatro abrazaderas alojadas cada una en pestañas que sobresalen de la parte interior de la concha del casco. Con el fin de evitar los rechupes que afectarían la estética del producto, estas pestañas son ligeramente más delgadas que el resto de la estructura (de un 60% del grosor del resto del casco). El anillo está forrado por un soporte fabricado en piel llamado comúnmente "araña", que es el que aloja al cráneo y sirve al mismo tiempo de tope para dejar un espacio mínimo de 25.4mm entre la cabeza y la concha del casco, evitando así el contacto impacto directo a la cabeza. Para evitar la desnaturalización de este material natural es curtido en cromo y, una vez cortada la forma, se baña con VITASAN 33, un material bactericida-fungicida que protege a esta pieza de la sudoración. En este caso el cabello está en contacto directo siempre con un material suave y que permite la transpiración, y no con la fibra de vidrio como anteriormente.

### *PROTECCIÓN DE NUCA Y CUELLO*

Esta protección no puede ser rígida por los movimientos de flexión del cuello. Deberá resguardar a la nuca y cuello por completo de la radiación calorífica y en menor grado de impactos de proyectiles, ya que es un lugar de acceso difícil de este tipo de elementos.



La talla del casco es única, ya que el sistema de sujeción permite flexibilidad en cuanto al tamaño de la cabeza del usuario, considerando obviamente el posible uso simultáneo de la mascarilla de oxígeno y el casco. El sistema de correas para la sujeción del casco es por medio de una cinta con VELCRO® unida al herraje del nicho derecho interno del casco y que llega a un broche de presión tipo Samsonite® de características idénticas al material de la coraza del casco, unido a su vez al herraje del lado opuesto. Este herraje tiene un giro libre que no permite que se vea sujeto a momentos de torsión como resultado de los diferentes movimientos de la cabeza durante un siniestro.

Tanto el mecanismo de la careta, como el de sujeción del casco, se encuentran sintetizados en un sencillo buje que atraviesa los receptáculos laterales del casco permitiendo, por un lado, fijar el perno de fricción de la careta, fabricado en ZYTEL®, por el exterior y, por el interior, colocar el herraje que sostiene las cintas de sujeción del barbiquejo, bloqueadas por medio de una contra fabricada también en ZYTEL®.

El color del casco es negro. Por ser indispensables marcas reflejantes a los costados del casco con el objeto de poder identificar rápidamente a los usuarios bajo cualquier circunstancia, el color negro es el que logra mejor contraste con estas marcas que, por medio de un sencillo corte en ángulos complementarios de 110°, nos ofrece la orientación exacta del bombero, ya que su sentido es hacia el frente y, dadas las características del casco no existe posibilidad de que se modifique esta dirección (fig 2).



Frecuentemente, ya sea en la estación de bomberos o en el lugar de los siniestros, el casco sufre caídas accidentales o golpes con toda clase de objetos. Con el fin de que el borde del casco no se astille o se fracture, se le añade un ribete flexible retardante a la flama para que absorba estos contactos.

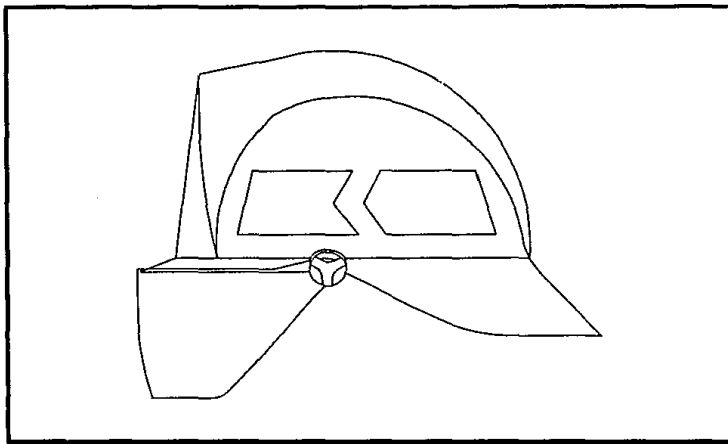


fig 2.- casco VULCANO

El casco se propone en inyección de plástico. El ZYTEL ST® es una resina ultrarresistente de Nylon con las propiedades de retardante a la flama, resistencia a la penetración y al impacto que



cumplen con las normas de la NFPA mencionadas con anterioridad. Como se puede observar en el folleto anexo referente a este material, la deformación del mismo se alcanza hasta los 250° C por lo que no representa ningún problema en este aspecto, ya que las temperaturas ambientales máximas alcanzadas en un siniestro difícilmente sobrepasan los 150°. Se propone en color negro, ya que esta propiedad le confiere la resistencia a la luz ultravioleta sin tener que añadirsele ningún otro componente. Así mismo tiene resistencia al ataque de sustancias corrosivas que otros policarbonatos no pueden soportar. Por sus características químicas, es un material con ciclos de moldeo más rápidos y que en un grosor de 2.8 mm, tiene un comportamiento excelente, lo que ofrece una economía en el proceso. El molde de inyección debe tener el ramal de inyección justo en la parte posterior del casco, porque es en este punto en donde las fuerzas internas del material ya enfriado son mayores y, dado que esta parte del casco es la que menos se daña por el uso, es el mejor punto para este efecto. Las cuatro pestañas que se asoman por el interior del casco son el receptáculo del cintillo de suspensión.

Con el fin de realizar el conducto de la ventilación situado al frente del casco, se proponen dos pernos removibles: uno sobre la matriz del molde, que es el que va a permitir la salida de la pieza ya inyectada por encontrarse en la parte interior de la coraza, y otro sobre el macho, que es el que va a dar la forma de este conducto. De igual forma, existen dos pernos laterales que permiten el moldeo de los nichos situados a sendos lados del casco, con su respectivo barreno central, ya que si éste se hiciera por medio de un maquinado posterior, la estructura del casco se vería irremediablemente afectada.

Se estima un peso de 420 gr de resina ZYTEL ST para el casco, cuyo precio por kilo es de



US\$385 US. Cabe mencionar que este material es usado en las principales industrias de fabricación de cascos de seguridad en todo el mundo.

La manufactura de la careta es en inyección de LEXAN ®, producto registrado bajo la patente de General Electric. Es una resina de policarbonato que se encuentra en una gran variedad de presentaciones. En todo el mundo es bien conocido este material por su buen desempeño en impactos, por su resistencia térmica, así como por su buen acabado y fácil mantenimiento. Este es un aspecto importante ya que el sistema de abatimiento de la careta es por la fricción de piezas metálicas y se requiere de un material que tenga buenas cualidades mecánicas. La resina que mejor se adapta a las necesidades de la careta, es el LEXAN 950 A, ya que es transparente, con posibilidad de ser pigmentado para el oscurecimiento de la pieza y, lo más importante, es retardante a la flama y propiedades dieléctricas. También cumple con la tarea de protección contra los rayos ultravioletas, por la normatividad UV 94 V-0. Por otro lado, es un material que se comporta estupendamente en el moldeo porque tiene un grado de viscosidad muy bajo.

Ahora bien: el sistema de suspensión está propuesto en inyección de PVC, por ser éste un material flexible y de alta resistencia, características necesarias en las zonas del traslape de correas que forman el cintillo de ajuste para el casco. No ofrece peligro alguno de flamabilidad porque se encuentra completamente cubierto por la coraza del casco, y envuelto por la piel que conforma la parte de la araña. El precio aproximado de esta pieza de inyección es de US\$7.00

El corte de la piel que se propone para la "araña" se realiza por medio de un plotter de cuchilla



por control numérico con base en el patrón trazado previamente en un sistema CAD-CAM, que permite la optimización del material a cortar. El costo aproximado por pieza, ya maquilada (esto es las costuras para la sujeción al arillo de ajuste y la entrada de la agujeta superior) es de aproximadamente US\$0.50. Tiene un acabado químico posterior aplicado con pistola de aspersión.

La maquila de las piezas que conforman el sistema de abatimiento de la careta y la cinta de sujeción comprende los siguientes procesos:

- Perno de ajuste: Inyección en *ZYTEL ST ©*
- Buje: Careado, torneado de los diámetros del cuerpo y machueleado del barreno central. Fresado de las caras a 7.93 mm (5/16")
- Rondana de presión: Troquelado en lámina negra de cal. 24. Esta pieza tiene que ser fabricada en una troqueladora de 15 toneladas con tres punzones, cuyas funciones son:  
Primer punzón: perforación de 7.93 mm (5/16") de diámetro para el centrado de la cinta del slitter.  
Segundo Punzón: centrado de la pieza.  
Tercer Punzón: corte del material sobrante y posterior botado de la pieza.

Según los cálculos realizados, cada pieza tiene un costo aproximado de US\$0.05 US

- Rondana de ajuste: Aluminio de 3.175 (1/8") troquelado en una máquina de 15 toneladas de únicamente dos punzones:



**Primer punzón:** perforación de 9.525 mm (3/8") de diámetro para el centrado de la pieza.

**Segundo punzón:** corte del material sobrante y posterior botado de la pieza.

Cada casco lleva de 4 a 6 rondanas de ajuste dependiendo del usuario. Cada pieza tiene un costo equivalente a US\$0.03.

El casco lleva en ambos lados, dos segmentos de cinta reflejante 3M (código 8910) de 150mm de largo con un corte al centro de ángulos complementarios de 110° que forman una flecha con dirección hacia el frente del casco. Esta cinta tiene un costo de US\$3.10

Para que cualquier usuario tenga la oportunidad de darle el mantenimiento adecuado a su casco de protección, todo casco deberá contener en su parte interior la información siguiente:

- » **Modo de empleo**
- » **Materiales empleados.**
- » **Métodos de mantenimiento.**
- » **Nombre y dirección de la empresa fabricante.**



## El chaquetón

El chaquetón es la pieza del equipo de protección que protege cuello, torso y extremidades superiores. Al resguardar la zona de mayor actividad durante un siniestro (flexiones de brazos, antebrazos, cintura, etc..) debe tener las siguientes características:

- » Protección contra radiación calorífica, golpes de proyectiles y raspones.
- » Retardante a la flama.
- » Impermeable.
- » Flexible.

Dado que todavía no existe un material que tenga todas estas características, la gabardina consta de tres capas. La *primera* es una tela retardante a la flama capaz de soportar temperaturas elevadas por mucho tiempo así como resistente a desgarres por objetos punzocortantes. Está fabricada de NOMEX III ®, que es una tela de fibras sintéticas hecha por Du Pont ® que proporciona la protección requerida en cualquier acción (ver folletos anexos). La *segunda* capa es un aislante térmico, tela que mantiene la temperatura del cuerpo en niveles adecuados para el trabajo. Este factor provoca que el usuario no se deshidrate al estar en contacto con un calor extremo y que la prenda, al mojarse constantemente (sobre todo en la penetración en incendios), no se tome tan pesada ni caliente. Está fabricada con GORETEX® La *tercera* capa es una "barrera húmeda" para evitar quemaduras por sobrecalentamiento ya que por ser la que se encuentra en contacto directo con el cuerpo del usuario no debe ser de materiales ásperos. Está fabricada con NOMEX®.



La *flexibilidad* es sumamente importante. Existen gabardinas cuyos componentes son demasiado rígidos o bien muy pesados, y se convierten en un verdadero estorbo para el usuario y de igual manera provocan irritaciones en la piel. Las diversas posiciones que adoptan los usuarios ha dado como resultado el desarrollo de una *gabardina corta*, que junto con el uso de un pantalón asegura la máxima protección de cualquier zona del cuerpo. Como observamos en los diagramas de movimientos de un bombero (figs. 2 y 2a), son muchas las posiciones que adquieren en el momento de acudir a un siniestro.

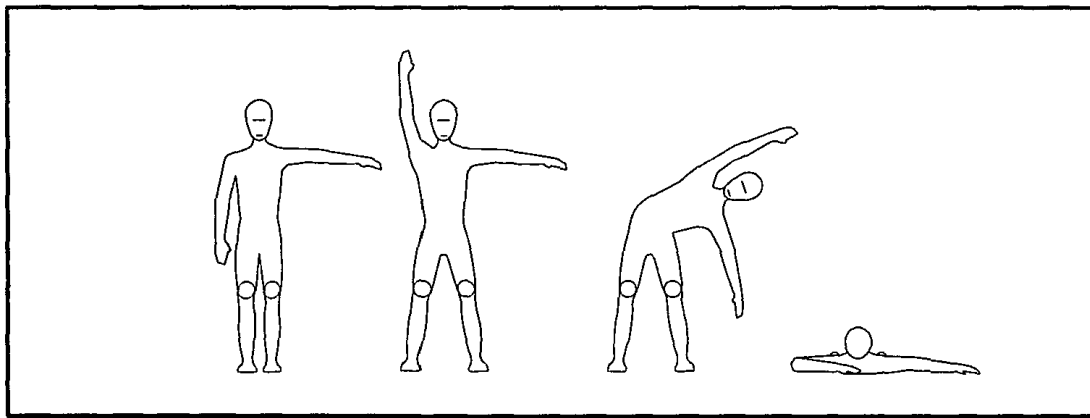


Fig 2.- Posiciones adquiridas durante siniestros

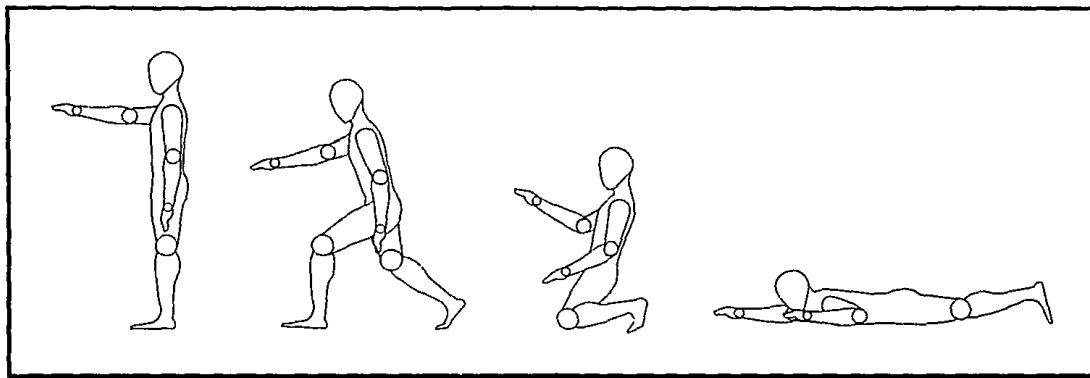


Fig 2a.- Posiciones adquiridas durante siniestros

La más crítica en el renglón de protección al cuerpo, es en el momento en que el usuario pende de una viga, por dar un ejemplo. Al alzar los brazos juntos, el cuerpo se estira provocando un movimiento del chaquetón hacia la parte de arriba del tronco, lo que deja una franja desprotegida a la altura de la cintura.

Esta falta de protección ocasiona serias heridas y quemaduras a bomberos, por lo que **VULCANO** ha desarrollado un sistema de *doble fuelle* en la sisa del brazo. Uno de los fuelles funciona en la parte superior interna de la manga, provocando un exceso de material justo debajo de la axila. Esto ayuda para que en el momento en que se extienden los brazos a una posición máxima (180° con



respecto al costado de la caja torácica) el excedente de material se despliegue y no "jale" consigo el resto del chaquetón. Esto ocasionaría un problema en el momento en que regresaran los brazos a su posición original, pero es contrarrestado por el segundo fuelle que se extiende hacia la parte central del pecho, repartiendo con mayor uniformidad el material en todo el tronco.

La horma que debe conservar la gabardina es holgada con el fin de permitir libertad de movimiento en todo el tronco y extremidades. Pero en la parte interna de los extremos de las mangas tiene una horquilla de tela elástica, que sella de manera eficaz el espacio existente entre la manga y la muñeca del usuario (tomando en cuenta que generalmente se utilizan guantes), evitando así el escurrimiento de agua o materiales irritantes hacia el interior de la prenda.

Dado el trato que este tipo de prendas recibe, en la parte de los codos y hombros lleva un refuerzo de ARA-SHIELD ® que es un polímero de alta resistencia adecuado para esta zona de alto desgaste.

El uso de compartimientos en la gabardina, significa hasta cierto punto un problema, ya que éstos son objeto de posibles inundaciones, por lo que requieren orificios de desagüe y de solapas externas que disminuyan la entrada de líquidos a dichos compartimientos. Por razones prácticas, se propone solamente un compartimiento, ya que un número mayor podría ocasionar confusión al usuario en momentos de tensión al buscar algún objeto dentro de las bolsas. La parte del fondo de este compartimiento tiene bordes redondeados para evitar el atascamiento de alguna herramienta en vértices normalmente en ángulos rectos.



En las zonas de mayor desgaste por uso, la gabardina tiene refuerzos en las costuras, evitando así el desprendimiento de cualquier parte de la gabardina. Tales partes son el cuello, la solapa que cierra el chaquetón así como la parte de los hombros. Es importante mencionar, que en las costuras de **VULCANO** no existen aristas, es decir que todas las uniones a 90° en las telas han sido *redondeadas*, con el fin de reforzar todos estos puntos que, de otra manera, serían sitios de posibles desprendimientos de material.

El sistema de cierre de la gabardina contempla movimientos bruscos del usuario así como golpes o raspones que podrían abrir accidentalmente la gabardina. Consta de cuatro *ganchos* inyectados en aluminio que tienen un pivote con la función de asegurar o liberar la *hebilla*. El pivote conserva la forma de medio círculo para facilitar el movimiento de asegurar y liberar la hebilla, y no perder tiempo en acomodar el gancho para la rápida maniobra de vestido y desvestido. La situación coplanar al cuerpo del gancho es para evitar el contacto con elementos perpendiculares al cuerpo, porque éstos ocasionan golpes y molestias durante la acción, ya que frecuentemente el usuario se arrastra por el piso o bien está en lugares demasiado estrechos, como alcantarillas o muros de contención entre inmuebles. Los ganchos se encuentran situados en la parte delantera derecha del chaquetón, ya que la mayoría de los bomberos son diestros y, por consecuencia lógica, la hebilla está alojada en el lado izquierdo. Una vez asegurados los cuatro ganchos en su lugar, quedan cubiertos por una solapa de tela ubicada en la parte izquierda del chaquetón que cierra por medio de una tira de **VELCRO®** con el fin de ocultarlos para que no haya posibilidad de atorarse con algún elemento extraño ocasionando distracción o privamiento de movimiento para el bombero. Viéndolo por el punto de vista estético, esta solapa hace que el chaquetón se vea más limpio de elementos.



En la parte superior, está el cuello del traje, que es un corte común pero al que se añade una franja de VELCRO® para poder levantarlo y cerrarlo por enfrente de la boca, pero dejando el espacio necesario para permitir la correcta comunicación verbal del bombero. En caso de que el cuello no se encuentre cerrado por la parte de la boca, cae sobre los hombros con un corte que le hace ver elegante, ya que no por ser una prenda de trabajo rudo tiene que ser desagradable.

Al igual que el casco, también la gabardina tiene que mostrar franjas de material reflejante. Estas franjas están situadas de la siguiente manera: con el fin de ayudar a la correcta localización del bombero en la oscuridad, se ha diseñado una señalización con base en estas franjas reflejantes. Tanto en el pecho como en el dorso se encuentran dos *flechas* apuntando a la parte de arriba del tronco, de igual manera en las mangas, en la parte media del brazo, existen otras dos señales semejantes. En ambos casos, las franjas son de 50 mm de ancho con el corte hecho a 45° con el fin de utilizar los dos extremos del corte. En la parte inferior del chaquetón así como en los extremos de las mangas, hay una cinta que rodea en toda su periferia dichas partes, con la salvedad de que, a los costados del tronco y en la parte interna y externa de las mangas se truncan estas franjas de 50 mm en forma de *flecha* nuevamente, solo que en ambos casos, apuntando hacia la parte frontal del cuerpo del bombero. Como se puede apreciar, con un corte sencillo, sin perjudicar la óptima utilización del material, se logra un rasgo característico de este equipo de protección que, al tiempo de ser una ayuda visual en la localización, confiere una estética agradable a dicha prenda. Con esto se logra una mejor percepción del bombero en cualquier circunstancia incluso en situaciones del rescate de este elemento (fig 3).

Aunque la seguridad industrial lleva cerca de cincuenta años en México, todavía no



---

existe ninguna empresa que realice investigaciones en el campo de las telas resistentes a la flama, para uso en equipo de seguridad para bomberos. Solamente el Instituto Politécnico Nacional ha tenido contacto cercano con este tipo de telas, pero se declaró incompetente para el desarrollo de materiales semejantes.

Pero el número de telas que se han desarrollado en los EUA para este tipo de prendas de seguridad es muy grande. Basta con buscar algo al respecto en "The NFPA catalog", que cuatrimestralmente se publica en ese país para caer en la cuenta de que la investigación realizada en este campo es muy grande. Dentro de esta gama de telas, Du Pont ® ha realizado toda una familia de tejidos por medio de fibras artificiales basadas en polímeros tratados, llegando a fabricar telas de alta resistencia al ataque de productos químicos, resistentes a la intemperie aún en los climas más extremosos, etc. Pero el número de telas que se han desarrollado en los EUA para este tipo de prendas de seguridad es muy grande. Basta con buscar algo al respecto en "The NFPA catalog", que cuatrimestralmente se publica en ese país para caer en la cuenta de que la investigación realizada en este campo es muy grande. Dentro de esta gama de telas, Du Pont ® ha realizado toda una familia de tejidos por medio de fibras artificiales basadas en polímeros tratados, llegando a fabricar telas de alta resistencia al ataque de productos químicos, resistentes a la intemperie aún en los climas más extremosos, etc.

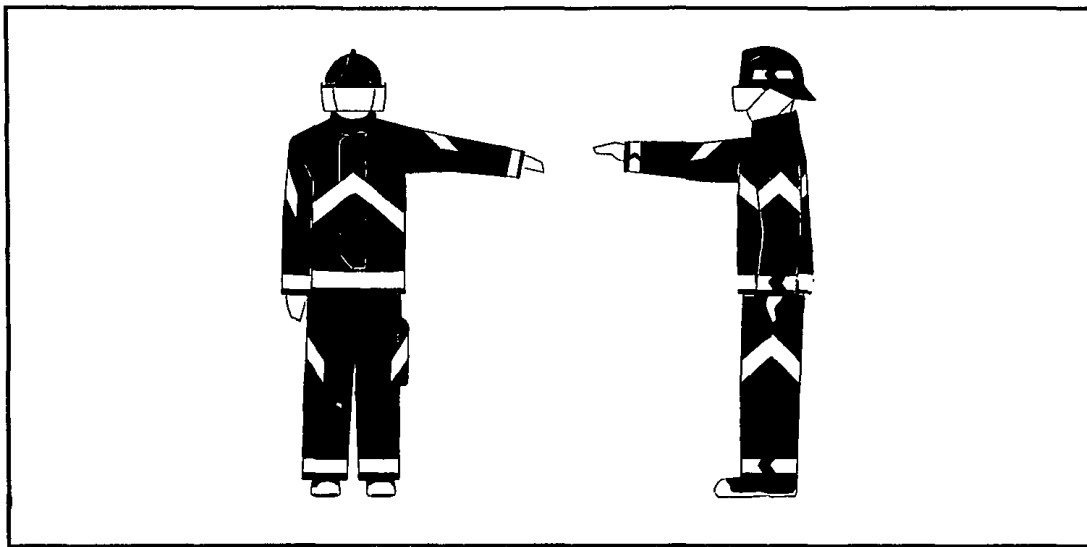


Fig 3.- Señalización de VULCANO

Dentro del campo de la seguridad industrial, esta compañía estadounidense ha desarrollado el KEVLAR ® y el NOMEX ® que son tejidos sintéticos utilizados en la confección de ropa de seguridad, ya sea para trabajo rudo de fábrica, o trajes espaciales, o para bomberos. Existe una gran variedad de este tipo de materias primas, pero con base en las características que se presentan en las actividades



llevadas a cabo por los bomberos de nuestro país, se han escogido tres telas:

• **DEFENDER 750:**

Este material tiene un peso de 7.5 oz/yd<sup>2</sup> y es de tejido liso, y ofrece una durabilidad mayor que los otros tipos de tela por ser más gruesa. Está fabricada con NOMEX III en su totalidad que es una de las últimas creaciones de Du Pont ®, resistente a la flama, a la penetración, a la rasgadura y al ataque de agentes químicos que sobrepasan las normas de calidad exigidas por la NFPA. Esta tela se usa en la parte externa del chaquetón, es decir, es la que recibe directamente todas las inclemencias que cualquier servicio representa. Se fabrica en varios colores (blanco, amarillo, café, o negro), pero el escogido fue el negro, por las razones han mencionadas anteriormente. Esta tela viene en presentación de 1520 mm de ancho, con un costo de US\$21.82 /m. Con base en la fracción arancelaria 54.02.10.02, a este tipo de telas le corresponde un 10% de arancel, lo que incrementa su costo a US\$24.0. /m.

Tomando en cuenta que cada chaquetón está hecho con un máximo de 2.2m de DEFENDER 750, más un 80% aproximado de la maquila, porque estamos hablando de máquinas y encordados especiales para este tipo de ropa, resulta cada pieza en US\$95.14 /m

• **NOMEX SL E-89:**

Este tejido térmico es el que, junto con la barrera para la humedad, no permite la



deshidratación del usuario por tiempos prolongados de exposición al fuego, como podría ser el caso de un incendio en casa habitación. Tiene un tejido base de dos o tres capas de NOMEX SL E-89 de un peso aproximado de 1.5 - 2.3 oz/yd<sup>2</sup> además de una capa protectora de NOMEX de 3.w oz/yd<sup>2</sup>, que hacen un total de 7.4 oz/yd<sup>2</sup>. Tiene un costo aproximado al DEFENDER 750, siendo un máximo de 1.75 m utilizados en la confección de esta prenda da un total de US\$75.6 por cada una de ellas.

• **GORE TEX:**

Esta es la barrera para la humedad, fabricada en GORE-TEX ® con una base de NOMEX SL E-89. Se estima que el precio de esta tela fluctúa alrededor del 65% del precio de DEFENDER 750, y tomando en cuenta que se utiliza la misma cantidad de material que el tejido térmico, da un total de US\$61.84 .

• **CINTA 3M® CODIGO 8987:**

La compañía 3M ® es la encargada de desarrollar una variedad de más de seis mil productos para diversas ramas de la industria. Uno de éstos son cintas adheribles o cosidas con una gama inimaginable de aplicaciones. Existe entre ellas, la cinta reflejante código 8486 que es una tela resistente a la flama por medio de una protección vulcanizada. Tiene dos presentaciones: en dos y tres pulgadas de ancho, ambas en rollos de 100 yd, equivalente a 91.4m. El costo de este rollo en 50.8 mm (2") es de US\$390.0



Para la confección de cada chaquetón se usan aproximadamente 4.5m con un costo de US\$17.5 que junto con la maquila (40% del costo) da un total de US\$24.5 .

Los ganchos de seguridad están fabricados en inyección de aleación de aluminio, con una placa troquelada en lámina negra de cal. 24 y un resorte de tensión en espiral con las siguientes características:

- Resorte de espiral mano izquierda de  $\varnothing$  int. 3.6mm
- Patas tangenciales de 9mm c/u
- Trabaja en torsión
- Cal. 0.6 mm

Esta pieza se estima en un costo industrial de US\$3.00 haciendo la comparación de productos que se asemejan en el mercado, cuyo costo es de US\$2.00 a US\$2.50. como precio de vitrina. Cada chaquetón lleva un total de cuatro ganchos de seguridad con sus respectivas hebillas, lo que hace un total de US\$12.0 US.

La cinta VELCRO ® utilizada es de 25.4 (1") de ancho resistente a la flama de color negro, con un costo aproximado de US\$275.0 un rollo de las mismas características que la cinta reflejante. Cada pieza fabricada lleva un total de 700 mm que arroja un total de US\$2.15 .

El costo tentativo final de cada chaquetón es de US\$271.23. El precio aproximado en



distribuidora de un chaquetón fabricado en los EUA es de casi US\$500.00.

En el interior del chaquetón, también tienen que estar los siguientes datos:

- » Modo de empleo
- » Materiales empleados.
- » Métodos de mantenimiento.
- » Nombre y dirección de la empresa fabricante.



## **El pantalón**

Como sustitución de las gabardinas largas, se diseña la gabardina corta con un *pantalón* como complemento de seguridad para la parte inferior del torso y las extremidades inferiores. De esta manera se disminuyen los riesgos de quemaduras o heridas de consideración sufridas por el uso del equipo actual, ya que las diversas posiciones adoptadas por los usuarios (figs. 2 y 2a) se prestan a la exposición de las partes internas de las piernas y se torna un poco incómodo el operar con una gabardina larga y con botas que llegan a la ingle.

El compartimiento lateral del pantalón tiene las mismas características que el de la gabardina, así como los refuerzos en las costuras de la tela de las áreas de mayor desgaste, como la entropierna y las rodillas.

El uso de tirantes para mantener esta prenda en su lugar resulta indispensable dadas las condiciones de uso, porque al ser una prenda que se lleva sobre el uniforme de estación, debe tener holgura y, a pesar de que se cierra por medio de un *gancho* y una *hebill*a de características idénticas a los del chaquetón, esto no es suficiente para mantenerlo en su sitio. Estos tirantes se encuentran sujetos al pantalón por medio de cuatro hebillas: dos situadas en la parte posterior del pantalón con una separación de 120 mm y al frente con una distancia de 470 mm entre sí. Esto permite la rápida maniobra del vestido, que como mencioné no debe sobrepasar los 45 segundos.

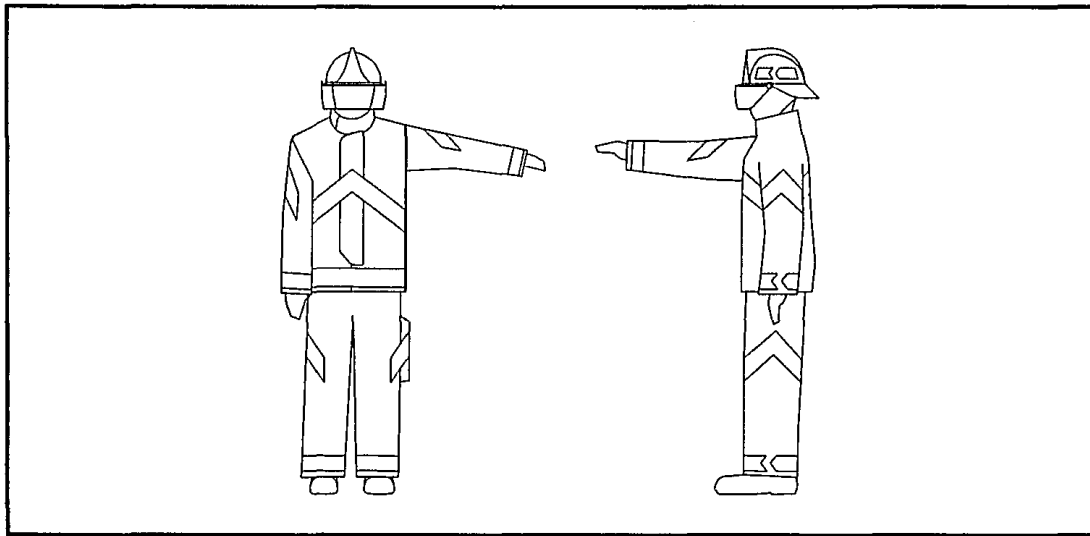


Fig 3.- EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL **VULCANO**

Como ya se trató, el HCB cumple las más variadas tareas, desde capturar panales de abejas hasta sofocar incendios industriales. Dentro de esta variedad de servicios, están, increíblemente, el arreglo del alcantarillado de la ciudad en casos de inundaciones que son abundantes sobre todo en la



época de lluvias, así como rescates en ríos o tormentas, etc.

Para evitar el paso del agua al interior de la bota, y de esta manera permitir el acceso a lugares inundados sin tener que recurrir a las botas largas, se ha diseñado una *trampa* hecha con ARASHIELD® y VELCRO® situada en la parte inferior de las perneras del pantalón y la parte alta de la bota

Esta trampa está hecha de la siguiente manera: en la parte interna de cada una de las perneras del pantalón, está unido por medio de costura un aro de ARASHIELD® interrumpido en la parte media con una franja de VELCRO®. De igual manera, con el fin de coserse a la bota (el uso de este equipo, es con botas cortas del tipo S124 DRIVERS BOOT #12) existe otro aro de ARASHIELD® pero éste es completo, con la misma franja de VELCRO® pero en la parte superior.

El diseño de esta trampa permite la introducción del bombero en el agua sin que se inunde la bota. El ARASHIELD® sirve como barrera al agua. Pero en el caso de que por herida en los pies se tenga que quitar las botas, se remueve de su lugar el primer aro de seguridad y por medio de la costura se puede desprender fácilmente la bota.

De manera semejante al chaquetón, los pantalones tienen una sola bolsa, de mayores dimensiones que la anterior, pero con las mismas características de costura y desagües, para que el usuario tenga la menor confusión posible en momentos de gran tensión.



La señalización de esta prenda de **VULCANO** es semejante a la del chaquetón (fig 3). En la parte inferior, hay una franja de 50 mm igual a la del extremo de las mangas. En la parte superior del pantalón también hay una franja de 50 mm en forma de flecha (con los cortes a 45°) apuntando hacia arriba.

Los materiales utilizados en la fabricación del pantalón son los mismo que para el chaquetón, salvo que los tirantes usados son de material elástico con forro de KEVLAR ®. El material de DEFENDER 750 usado para cada pieza, no es mayor a 1.75 m , así mismo la cantidad del GORE TEX y el NOMEX SL E-89 es de un máximo de 1.5 m. Lleva cinco ganchos de seguridad, una cantidad aproximada de 3 m de cinta reflejante 3M ® código 8486 y 1.7m de VELCRO ®. El costo tentativo final de este pantalón es de US\$232.40, contra un costo en distribuidora de US\$461.00.

La manufactura de ambas prendas, chaquetón y pantalón, se tiene que realizar con máquinas de corte y de cosido industriales. En México ya hay la tecnología apropiada para esto. El corte de la tela se realiza por plotters de control numérico para la optimización del material, apilando éste en capas de hasta 30 telas y que son cortadas por una cuchilla enfriada por agua, ya que al ser telas sintéticas el exceso del calor al momento del corte podría fundir el material y dañar los patrones. Una vez obtenidos los patrones, se procede a su armado por medio de máquinas de coser de alta velocidad con agujas de teflón, para evitar el mismo daño que sufrirían por el corte. El hilo utilizado es, al igual que las telas, retardante a la flama, altamente resistente a la penetración y rasgadura así como al ataque de agentes químicos, porque cualquier defecto en éste sería de consecuencias fatales para el usuario.



La confección de las cintas reflejantes sigue el mismo proceso, salvo que el corte no es tan complicado como el de las telas, ya que este material viene con el ancho justo (50 mm) y solo se necesita de una pequeña cizalla para marcarlo para su posterior cosido.

Los ganchos de seguridad son colocados en su lugar y fijados por medio de remaches de 1.58 mm (1/16") de diámetro al igual que sus correspondientes hebillas.

Con respecto a la trampa para agua situada en la parte inferior interna de los pantalones, existe la versatilidad que se adecúa a cualquier tipo de bota que se utilice para el equipo de seguridad, ya que éste varía dependiendo de la institución que lo maneje. La franja inferior de la trampa se cose al extremo superior de la bota, con el mismo equipo industrial utilizado para la confección de las otras prendas pero con el uso de una aguja más gruesa para soportar la presión al penetrar a la bota.

Todo pantalón deberá contener en su parte interior la información siguiente:

- » Modo de empleo
- » Materiales empleados.
- » Métodos de mantenimiento.
- » Nombre y dirección de la empresa fabricante.



## **Los guantes**

El último elemento protector del equipo de seguridad para bomberos son los guantes. Esta delicada parte del equipo protege a la parte con más movimientos de todo el cuerpo (cerca de los doscientos), que nos permite realizar día a día las más diversas actividades así como expresarnos por medio de la mímica.

Lo que cotidianamente aparece como funciones simples y sin importancia, para labores de rescate tiene una función vital: en las manos de los bomberos se encuentra tanto la seguridad de las víctimas como la suya misma. Estas extremidades reciben un sinfín de estímulos que, de no ser por ellos, no serían posibles las acciones en cualquier tipo de siniestro. Me refiero a lo siguiente: en una perfecta coordinación con los sentidos de la vista, el oído e incluso el olfato, el sentido del tacto es el que proporciona la dirección correcta de un chorro de agua hacia un incendio, o la fuerza imprimida correctamente para romper una puerta con un hacha, o bien para rescatar de la manera más ágil posible a un herido o a otro compañero caído.

Los guantes de camaza que se proporcionan generalmente, son un pésimo medio de protección, porque en contacto con objetos calientes, punzocortantes o en exposición directa a la flama, se comienzan a deteriorar rápidamente. En el momento en que entra en contacto con el agua o cualquier otro líquido, la camaza se endurece a tal punto que los guantes se toman inoperantes. Los materiales de que deben estar hechos debe soportar estas condiciones de uso, y al mismo tiempo brindar la flexibilidad necesaria para permitir una completa libertad de acción a la mano. Estos



materiales son el KEVLAR® , el NOMEX III® y el ARASHIELD®.

Esta prenda consta de dos capas: la primera de un guante *tejido* en KEVLAR® que es sumamente flexible (comercialmente se le denomina KEVLAR-ALGODON) y permite la absorción del sudor de la mano. La segunda, es un forro de NOMEX III® que permite el trabajo rudo externo, ya que las características de este material así lo permiten.

La mano es una parte muy problemática desde el punto de vista ergonómico. Para poder mover los dedos, hay una serie de tendones, ligamentos y músculos que pasan por la muñeca a través del tunel carpal. Cuando la muñeca comienza a flexionarse, los nervios y arterias que corren paralelamente a los músculos, comienzan a estrangularse y causan adormecimiento y pérdida de fuerza en la mano. Hay que evitar el acumulamiento de material en las partes exterior e interior de la muñeca, para minimizar la pérdida de fuerza. Otro problema es la pérdida de sensibilidad que la mano experimenta al contacto con una gruesa capa de protección que son los guantes. En la parte de la palma, se experimenta una de las zonas más delicadas: es la sensibilidad del bombero que le permite con menor o mayor facilidad reaccionar rápidamente a un estímulo externo. No solo estamos hablando de quemaduras o raspones, sino de la sensibilidad que la mano requiere para sostener los elementos de trabajo como mangueras, horquillas, arietes, etc, así como los broches de seguridad de los equipos de penetración.

Para este fin, se llevó a cabo una palmografía de pliegues de la mano derecha a veinticinco adultos del sexo masculino de entre 20 y 35 años de edad a fin de verificar las zonas de pliegues en la



parte de la palma de la mano derecha de cada uno de ellos. El resultado se muestra en la figura 4. Con base en este diagrama, se analizan las zonas de los pliegues básicos de la mano. Para fines de diseño son sumamente importantes porque nos delimitan las partes que no pueden ser invadidas por material de refuerzo que es el ARASHIELD®, que se añade para ofrecer mejor superficie de contacto con las distintas herramientas que usan, ya que el material del que se encuentran forrados los guantes es de un bajo coeficiente de fricción.

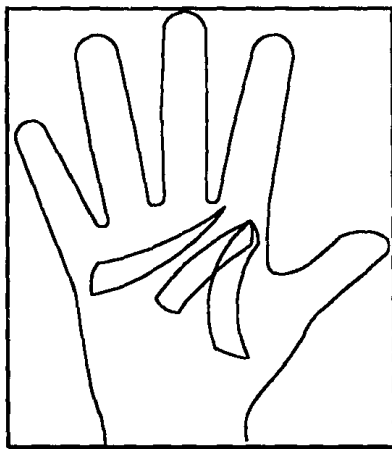


FIG 4.- Palmografía mano derecha.



Debido a las actividades que desarrollan los bomberos, la parte de la mano que más se daña, es la punta de los dedos, en donde constantemente se cortan y se queman. Por el contrario, en el dorso de la mano, es mínimo el uso que tienen. Se ha añadido protección a estas partes de los dedos, así como a las partes laterales, tanto interna como externa de la mano, por tener éstas mayor roce con el constante movimiento de estas extremidades.

Ya que esta prenda requiere de un ajuste que permita además una gran maniobrabilidad, se propone un resorte situado en la parte dorsal del guante justo por encima de la zona distal del túnel carpal, para que la holgura que se presenta en la parte más ancha de la mano se compense a la altura de la muñeca y no tienda a provocar la salida del guante.

Como lo mencioné en el apartado de *El Chaquetón*, los guantes se deben poder ajustar a la horquilla de tela elástico de la gabardina, con el fin de evitar posibles filtraciones de agua o cualquier otro líquido al interior del guante o gabardina. Para ello, el forro de NOMEX III @ de los guantes, lleva en la parte del dorso un resorte para que permita el libre paso de la mano hacia su interior pero que en la zona de la muñeca se vuelva a ajustar ayudado por el primer guante de tela tejido.

En esta misma parte del guante, el dorso, por medio de un pirograbado en piel, se le añade el logotipo de **VULCANO** con el fin de poner énfasis en la imagen del bombero en acción. Esta prenda es de especial cuidado en su confección porque aloja la parte del cuerpo más sensible y que requiere de la mejor horma posible.



La primera parte del guante, es la tejida con fibras de KEVLAR y algodón que le confieren una elasticidad justa para que se amolde la mano, Este guante que se fabrica aquí en México, tiene un costo cercano a los US\$15.00, seguido de un forro de NOMEX III y sus refuerzos de ARASHIELD®. La cantidad de material necesaria para la fabricación de estos guantes en NOMEX III es de 0.25 m que da un costo total aún con los añadidos de protección de piel de US\$23.00.

Como objeto de estudio de esta tesis, el guante resultó ser una de las prendas que presentó más problemas ergonómicos y antropométricos, si tomamos en cuenta la gran cantidad de factores que afectan dichos temas: la variedad de tamaños y formas que se encuentran en la población de usuarios es demasiado grande para poder abarcar el estudio íntegro de esta prenda.

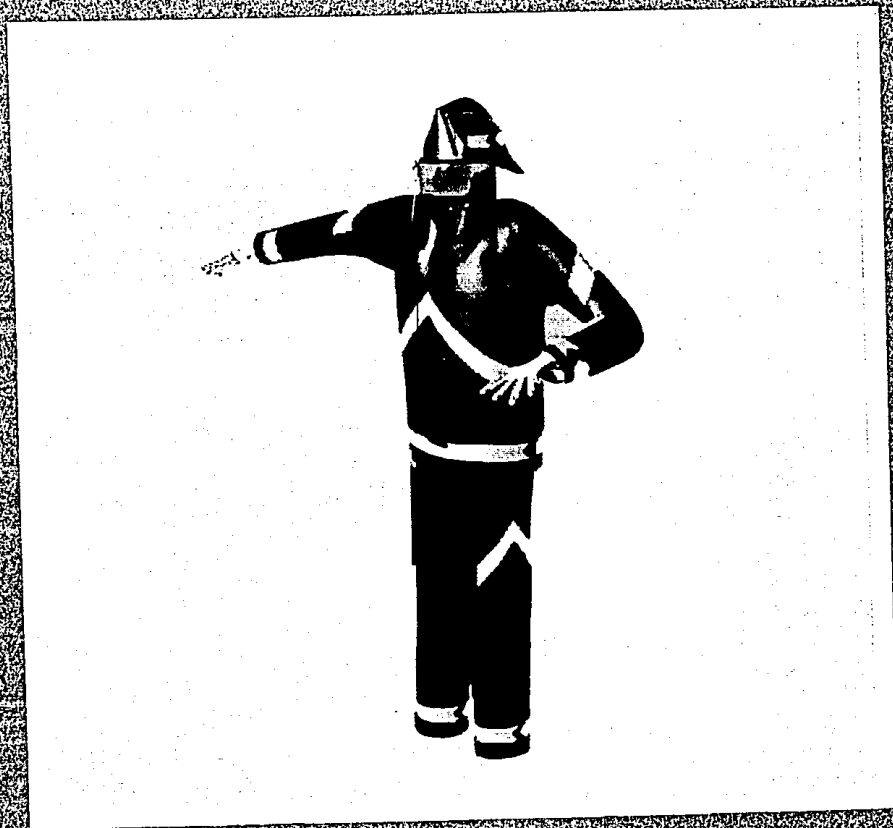
El resultado presentado en **VULCANO** representa tan sólo una muestra de los guantes propuestos, poniendo en evidencia solamente sus aspectos de diseño funcional. Como complemento de este proyecto, se propone la investigación antropométrica y ergonómica de los guantes a fondo. Como todas las otras partes del equipo de protección, los guantes deben contener la siguiente información:

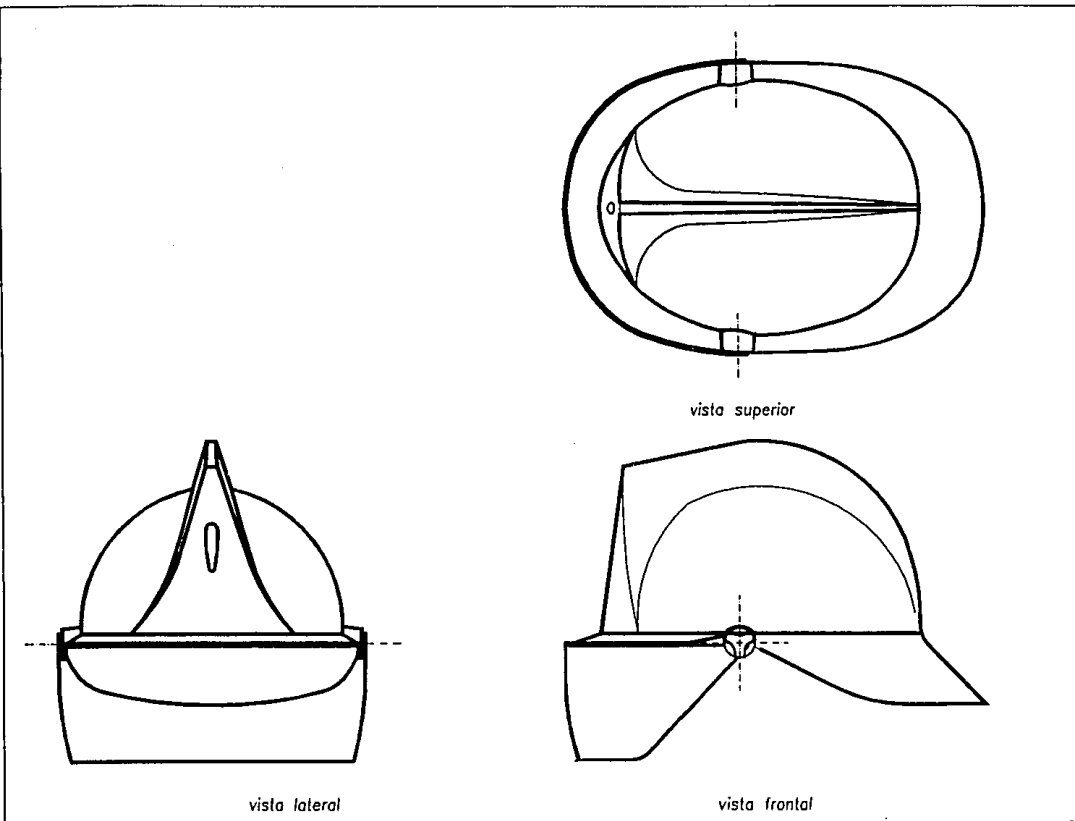
- » Modo de empleo
- » Materiales empleados.
- » Métodos de mantenimiento.
- » Nombre y dirección de la empresa fabricante.



De esta manera, se describe funcionalmente a **VULCANO** , y se anexan los planos correspondientes a cada una de las partes del equipo.







vista lateral

vista superior

vista frontal

vistas generales

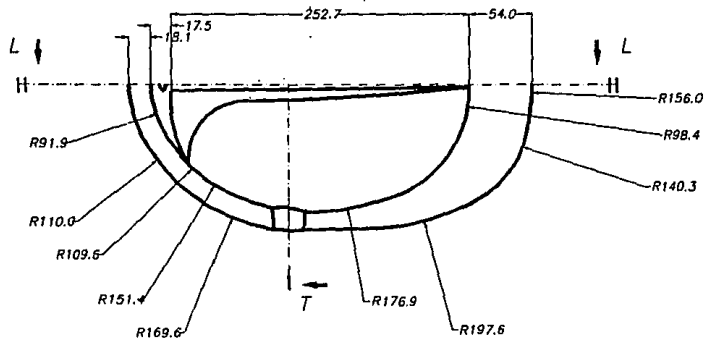
esc 1:5

sist



cotas mm

plano 1/50



vista superior

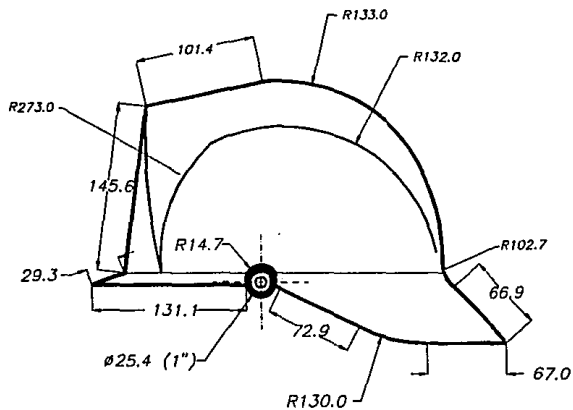
esc 1:5

sist



cotas mm

plano 2/50



vista lateral

esc

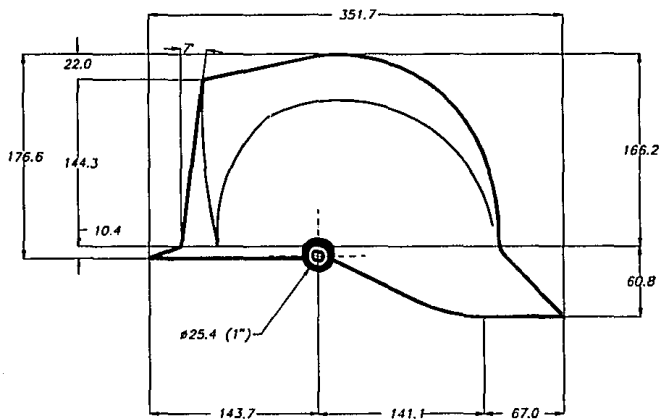
1:5

sist



colas mm

plano 3/ 50



vista lateral

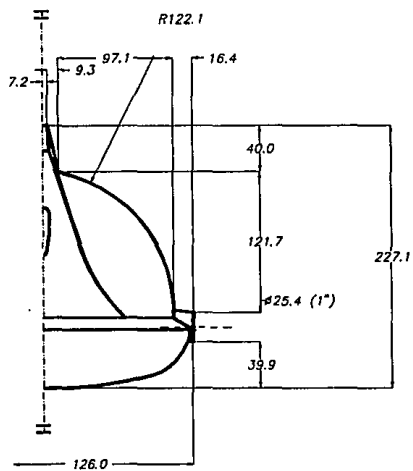
esc 1:5

sist



cotas mm

plano 4/50



vista frontal

esc

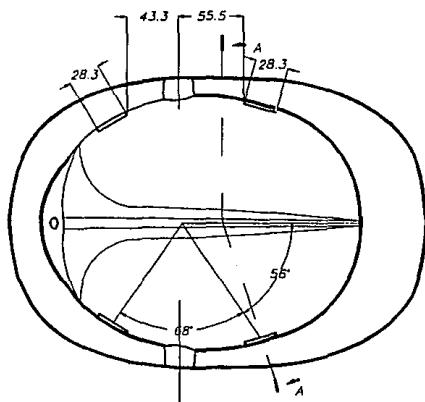
1:5

sist

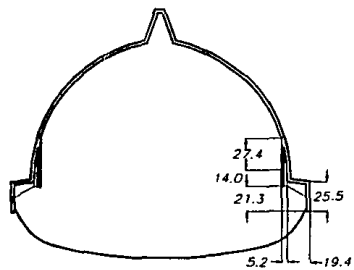


cotas mm

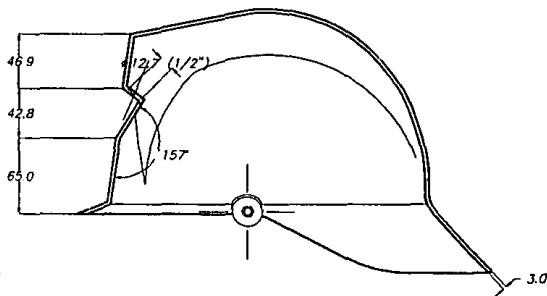
plano 5/50



VISTA INFERIOR



CORTE AA



CORTE LONGITUDINAL

cortes

esc

1:5

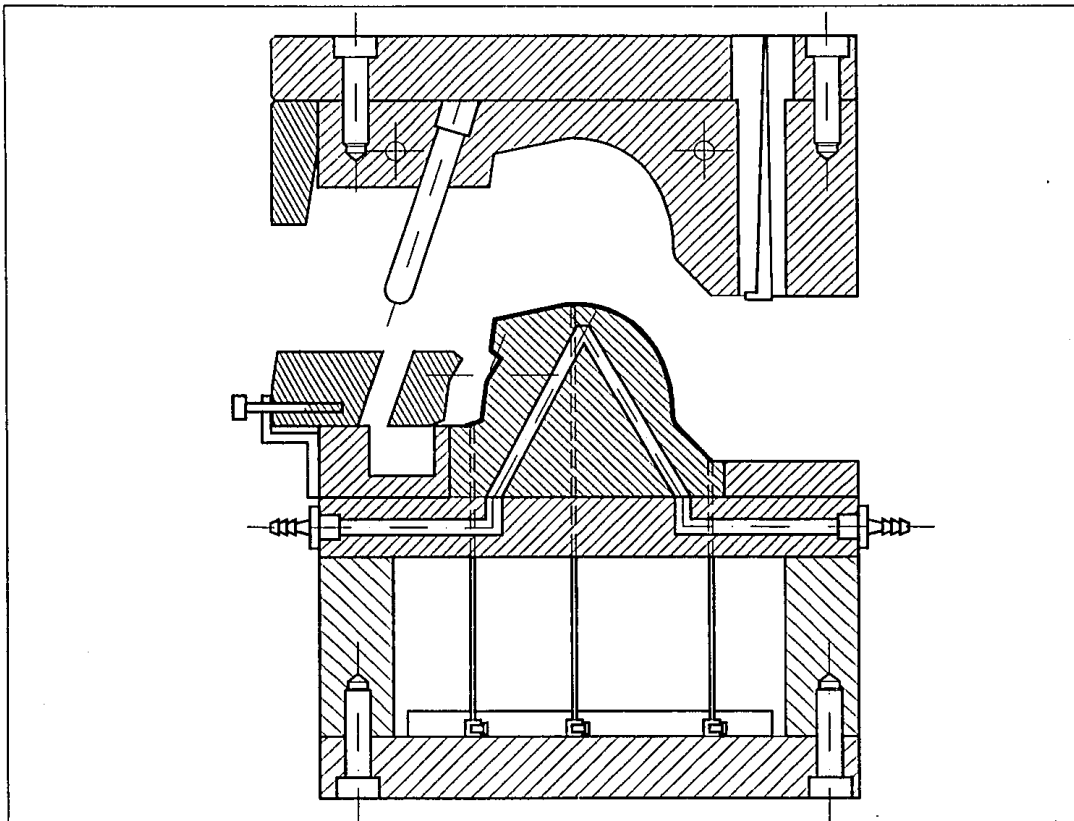
sist



cotas

mm

plano 6/50



molde abierto

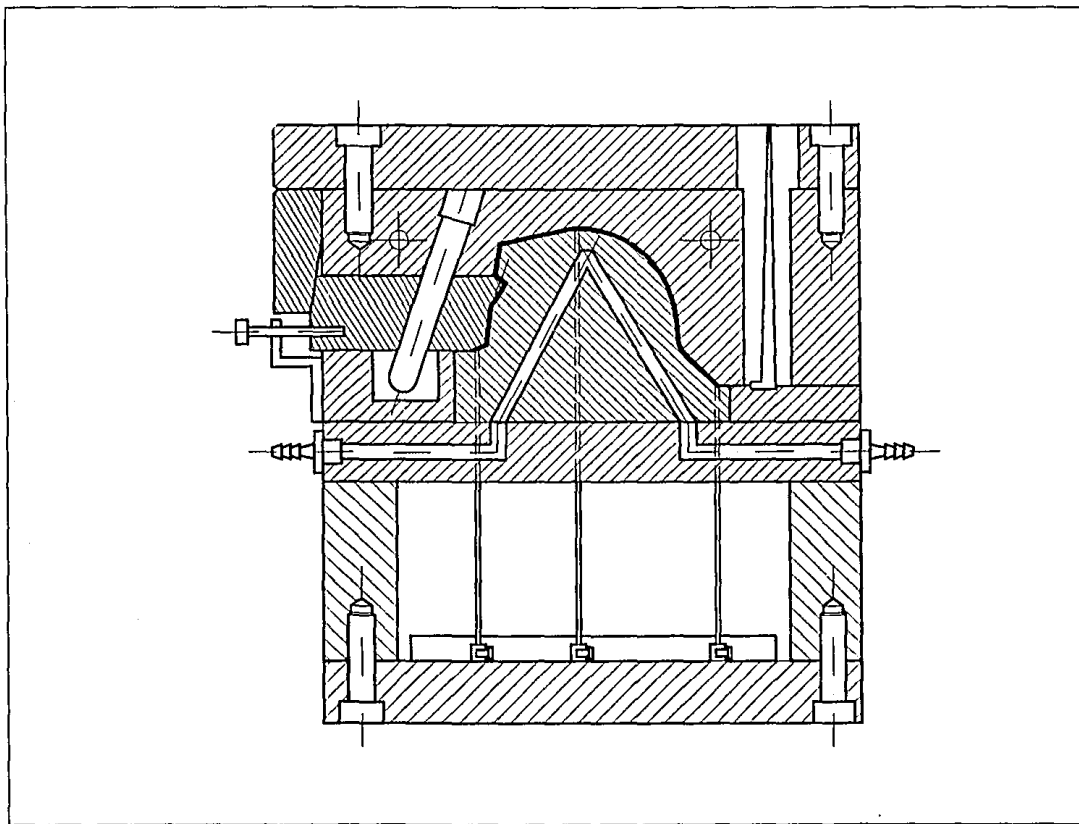
sin esc

sist



cotas mm

plano 7/50



*molde cerrado*

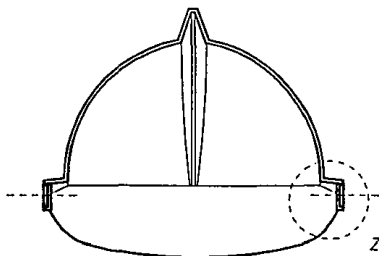
*sin esc*

*sist*

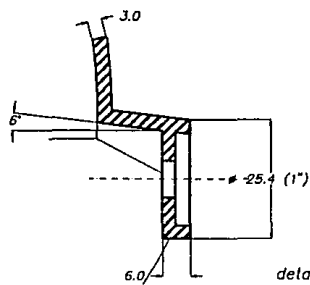


*cotas mm*

*plano 8/50*

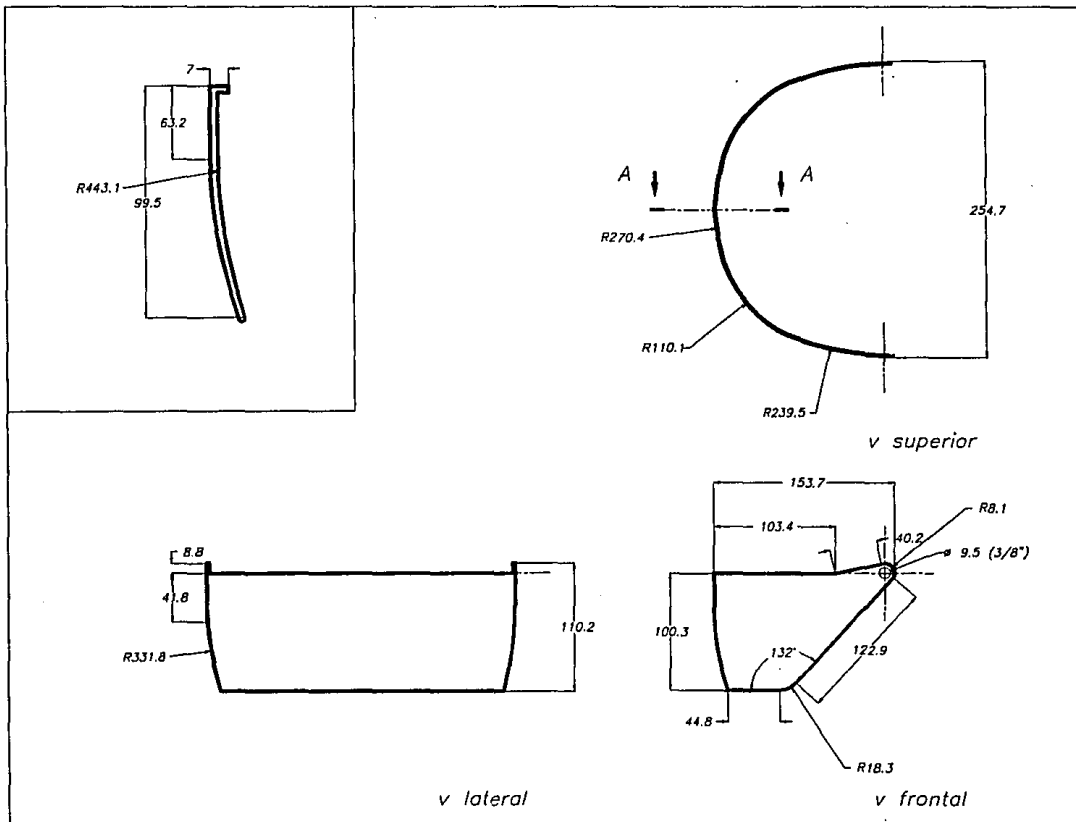


corte TT



detalle z  
esc 1:1





vistas generales

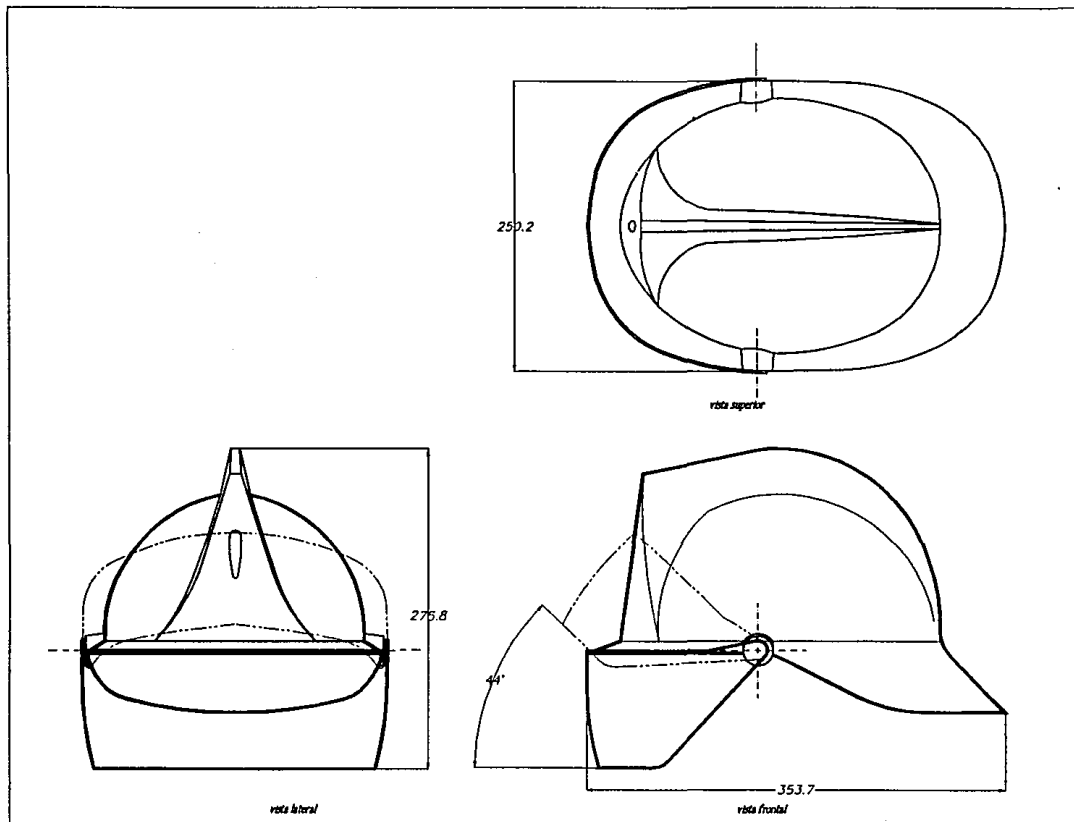
esc 1:5

sist



cotas mm

plano 10/ 50



abatimientos

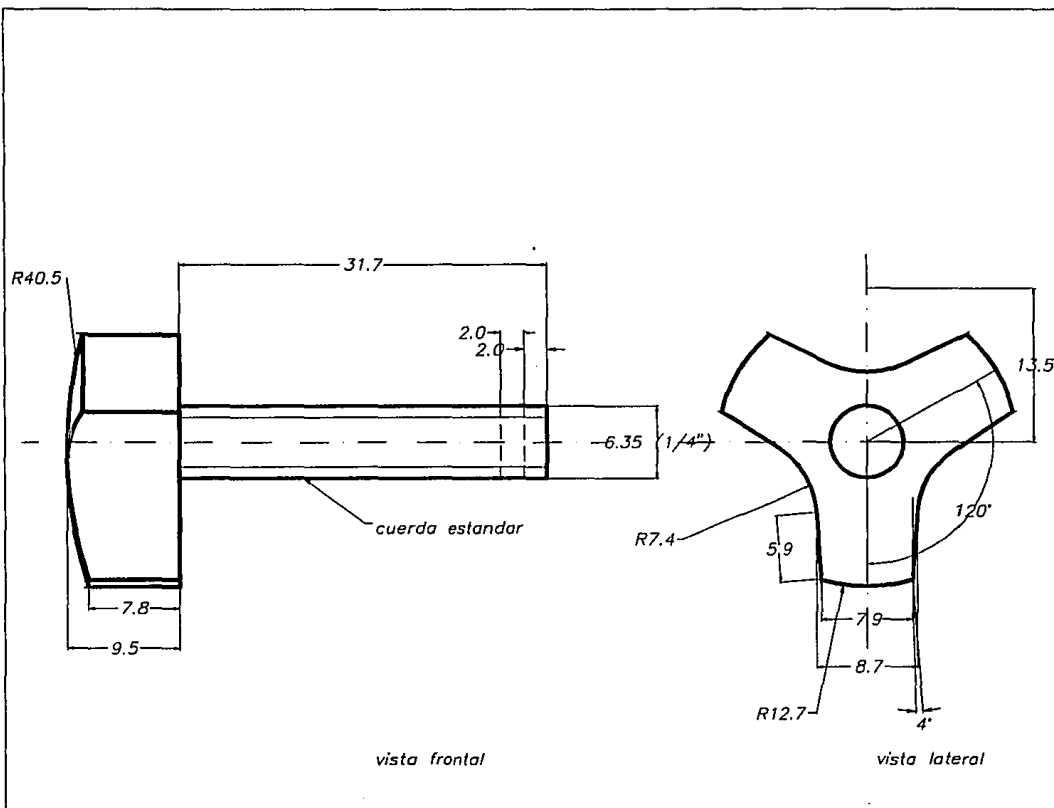
esc 1:5

sist



cotas mm

plano 11/ 50



vistas generales

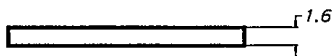
esc 2:1

sist



cotas mm

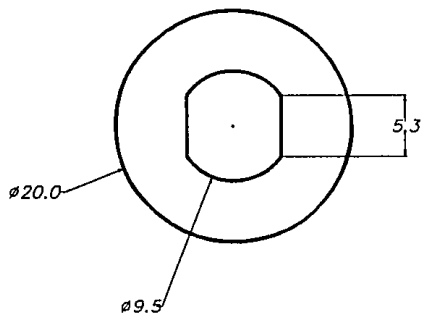
plano 12/50



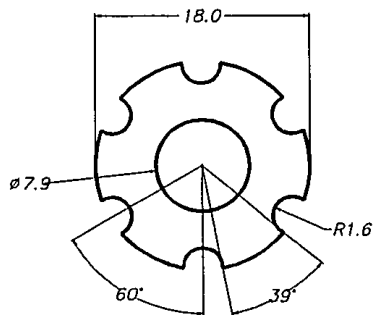
v superior



v superior



v frontal



v frontal

vistas generales

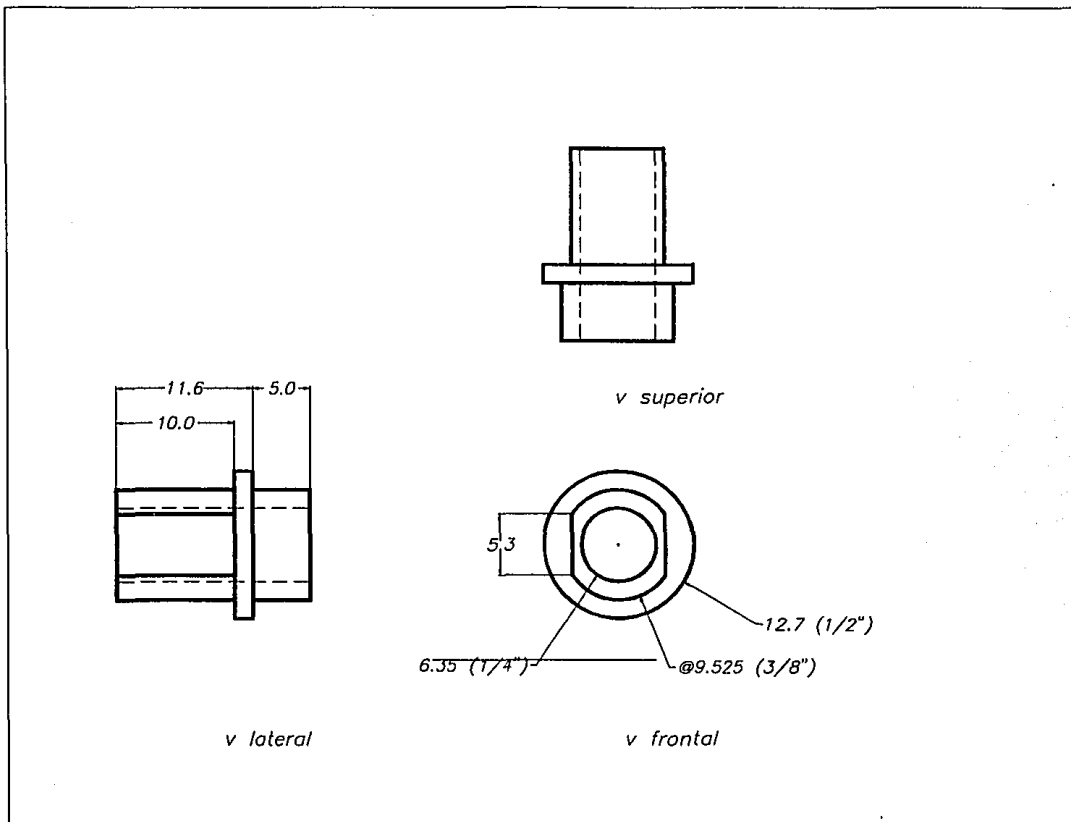
esc 2 : 1

sist



cotas mm

plano 13/50



vistas generales

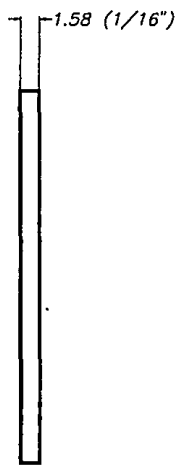
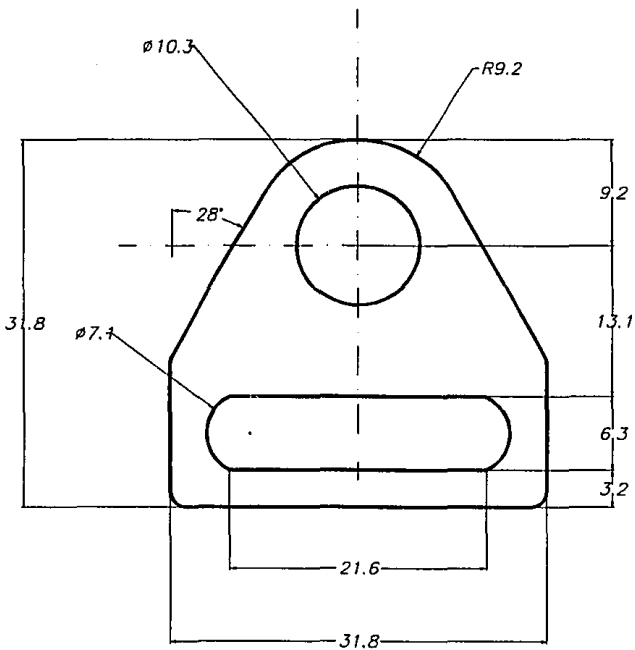
esc 2 : 1

sist



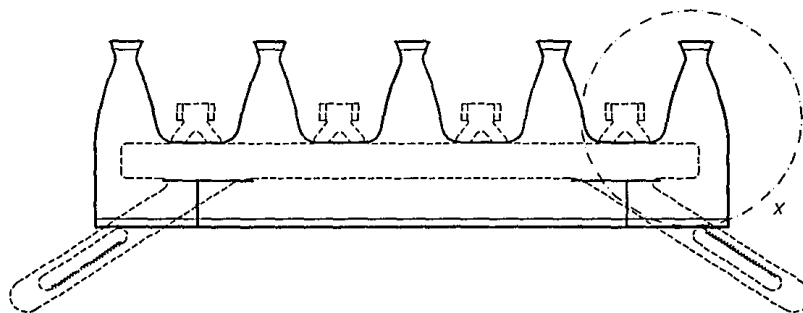
cotas mm

plano 14/50

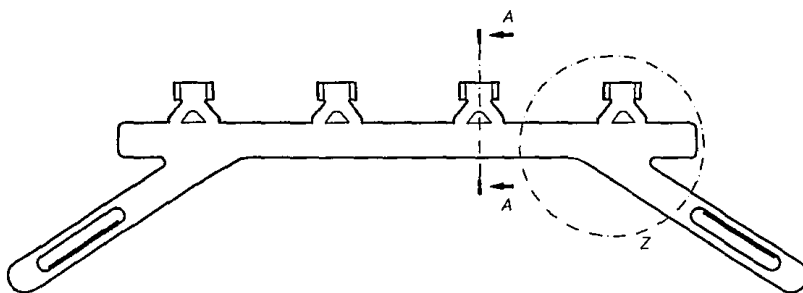


v frontal

v lateral



araña



cinta de ajuste

vista frontal

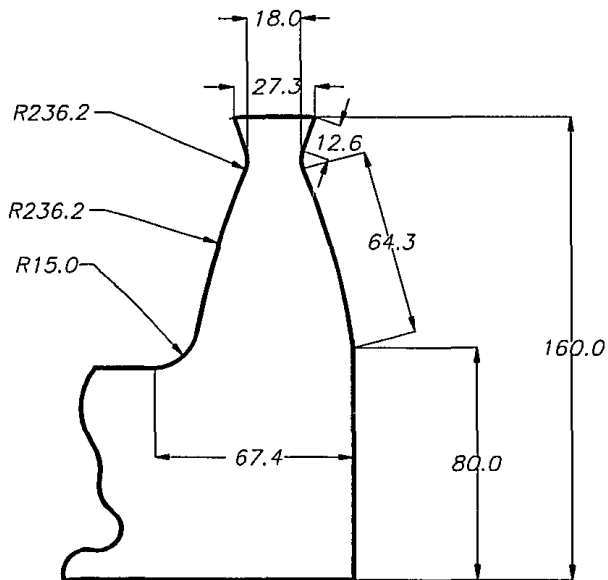
esc 1:5

sist



cotas mm

plano 45/ 50



detalle x

esc 1:2

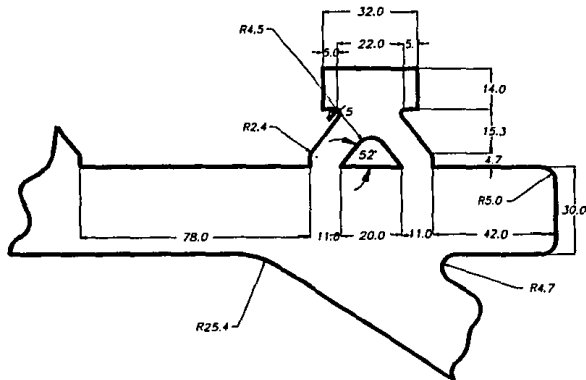
sist

cotas mm

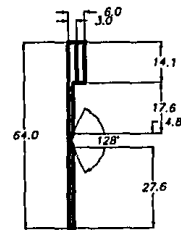
plano 46/50



v superior



v frontal



v lateral

detalle z

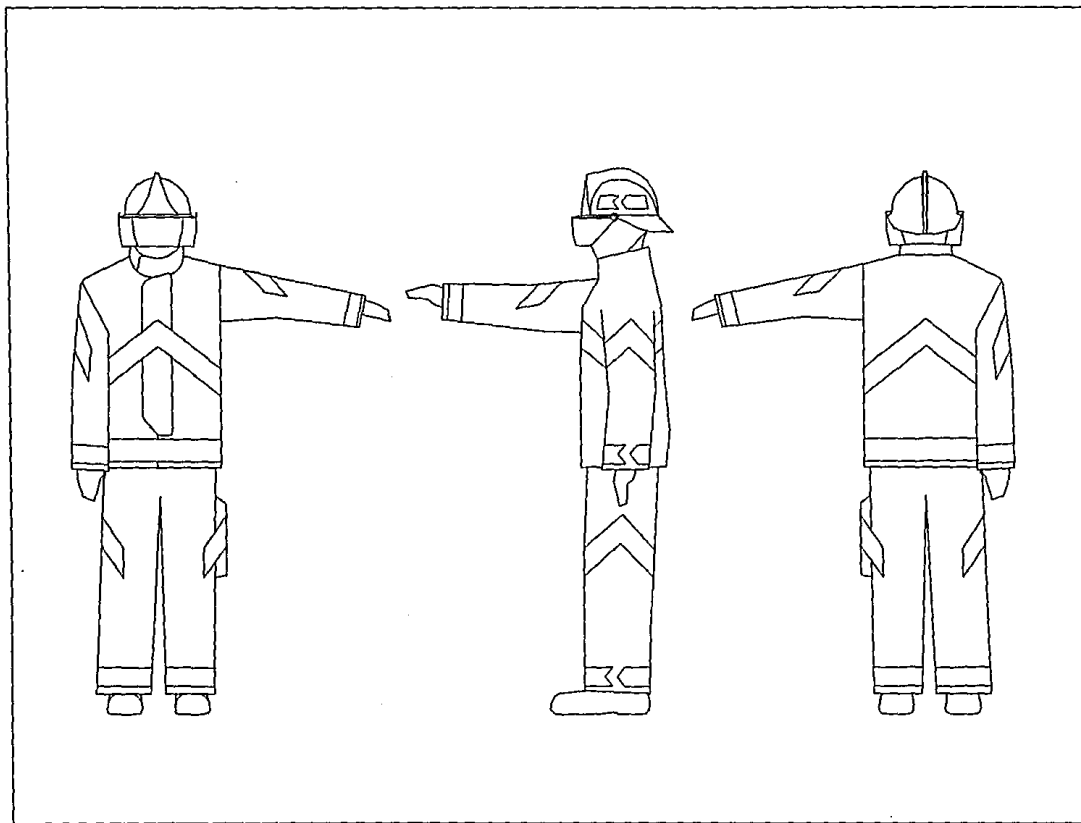
esc 1:2


sist

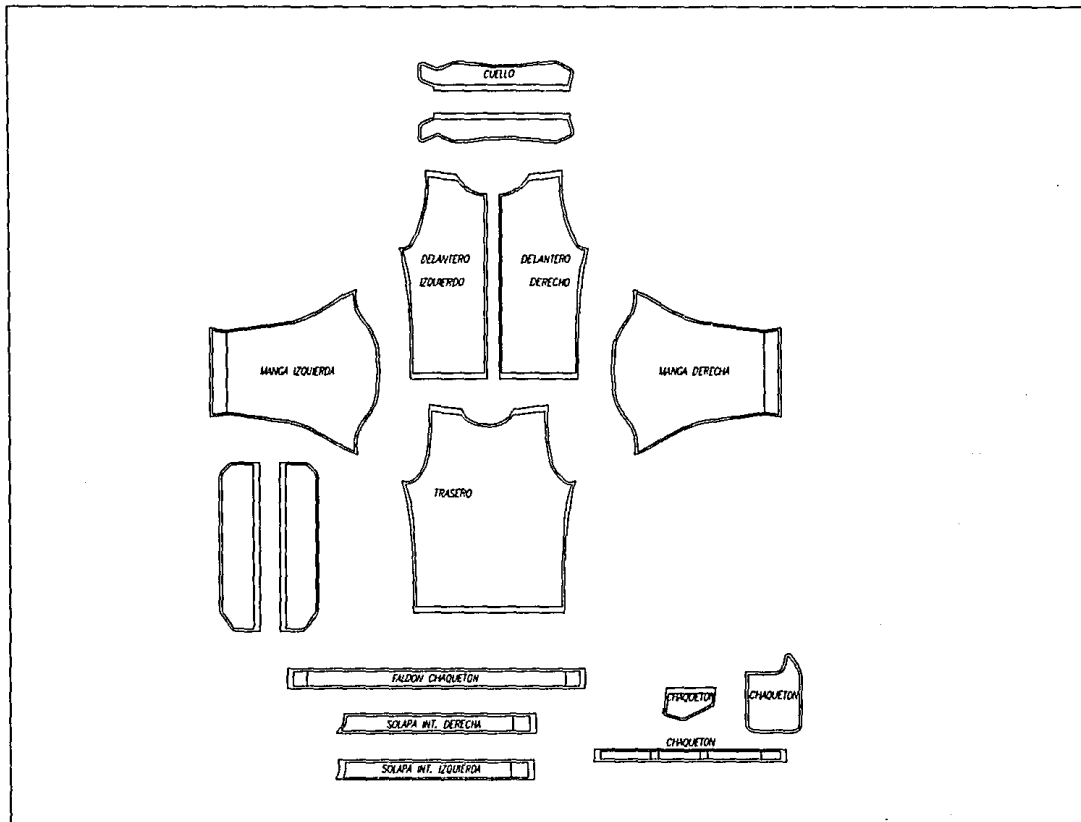


colas mm

plano 47/ 50



vistas generales esc 1.2.5 sist  cotas mm plano 16/ 50



vistas generales

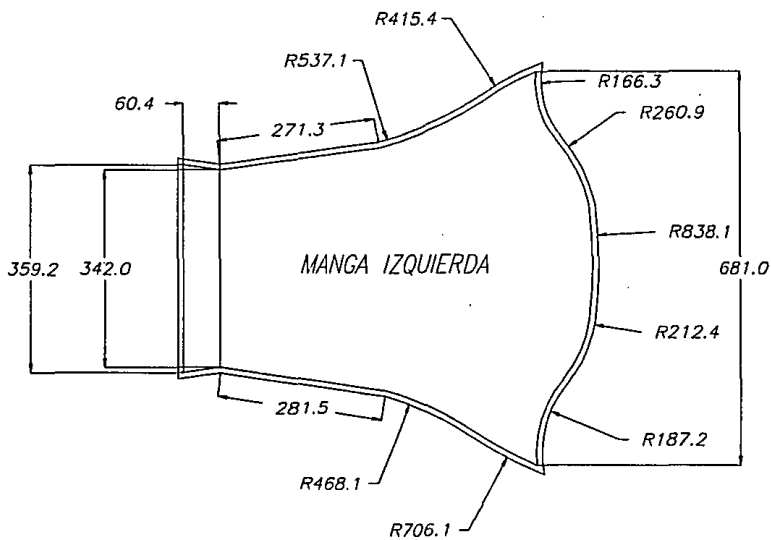
esc 1 25

sist



cotas mm

plano 17/ 50



manga

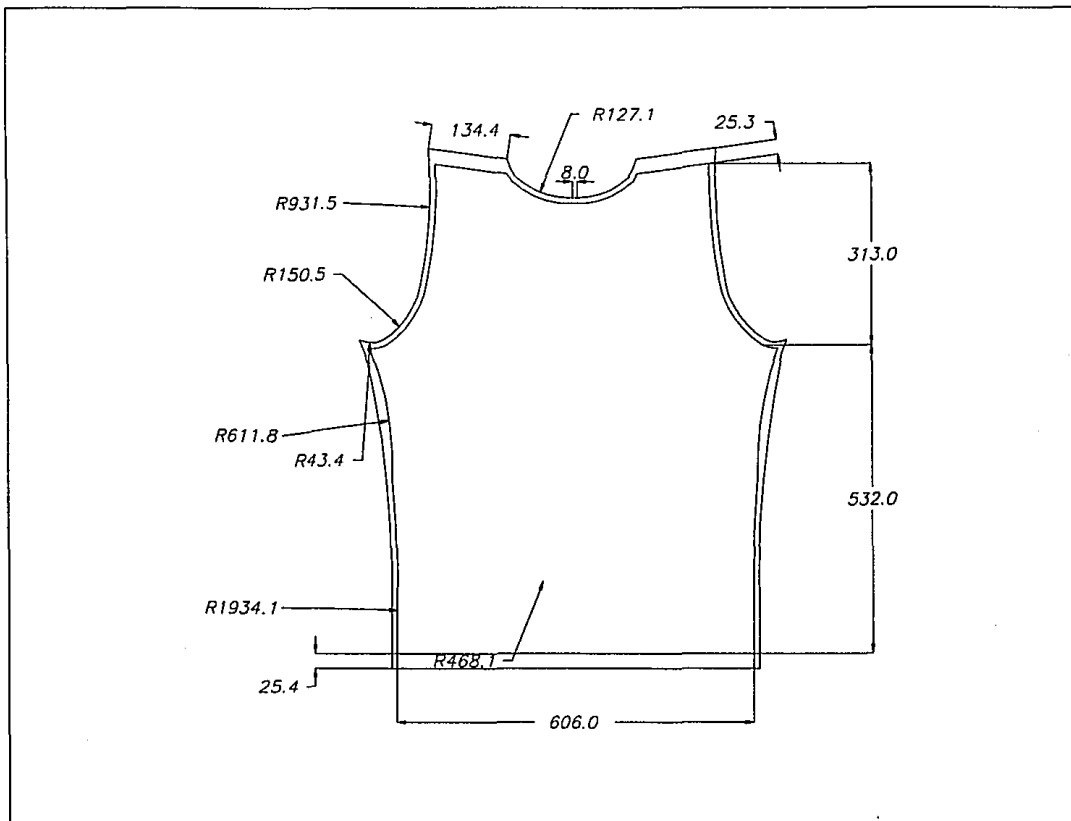
esc 1:10

sist



cotas mm

plano 18/50



espalda

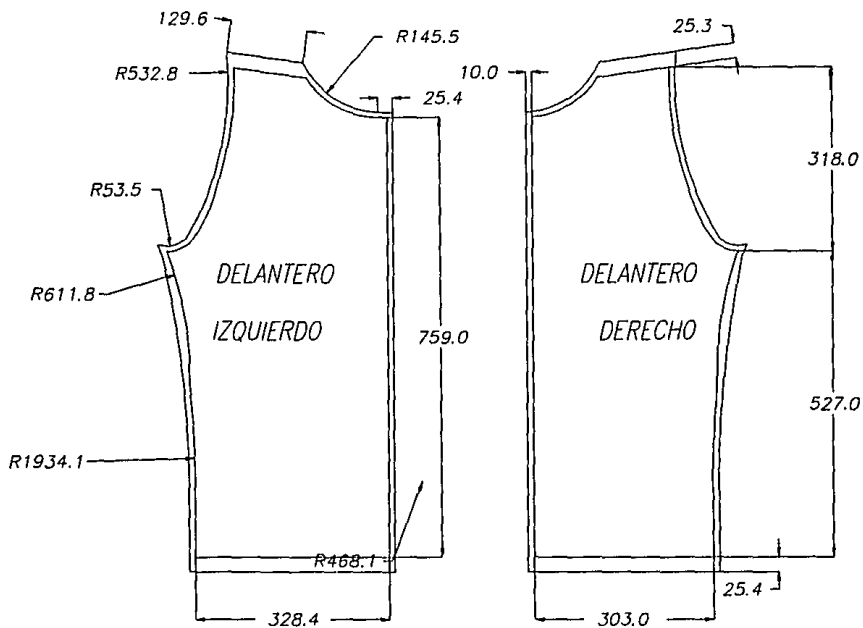
esc 1:10

sist



cotas mm

plano 19/ 50



frente

esc

1:10

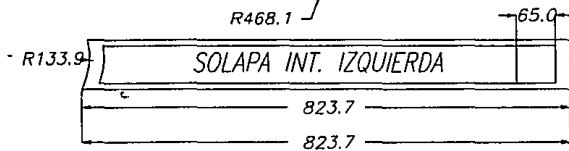
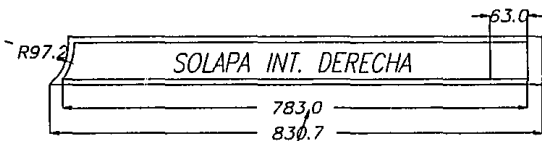
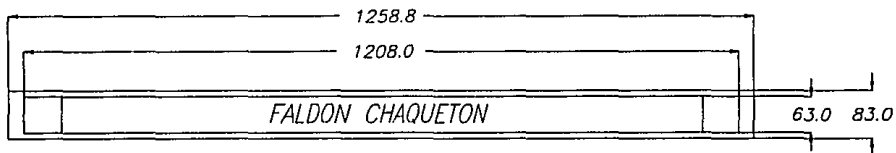
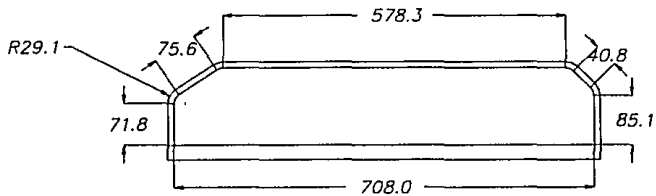
sist



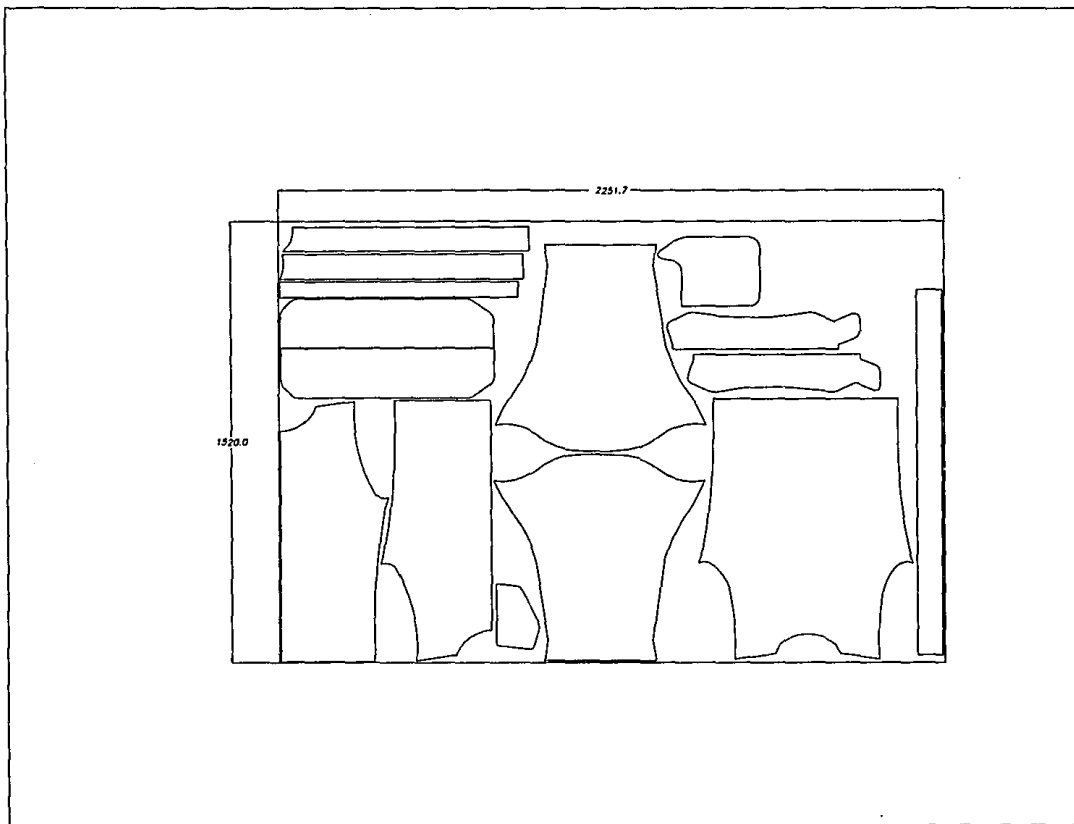
cotas

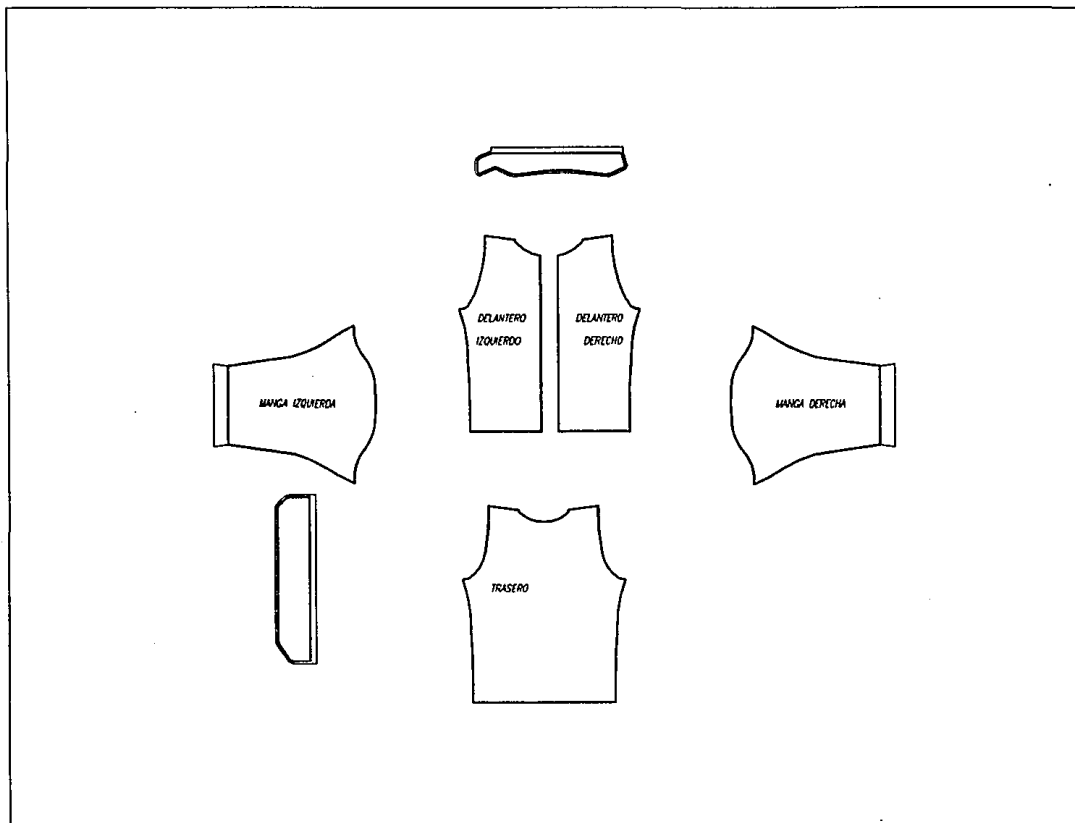
mm

plano 20/ 50









generales forro

esc

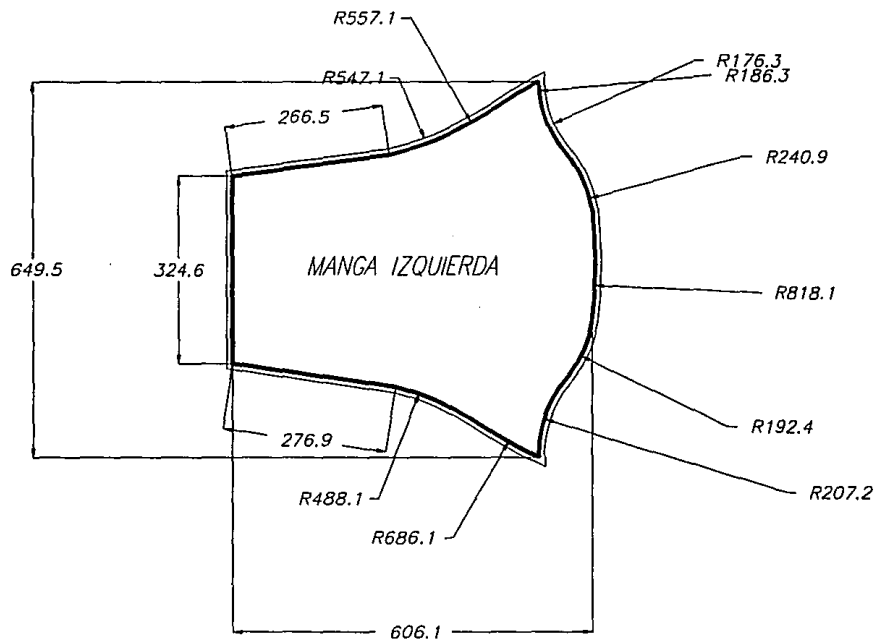
1 25

sist



cotas mm

plano 24/ 50



manga forro

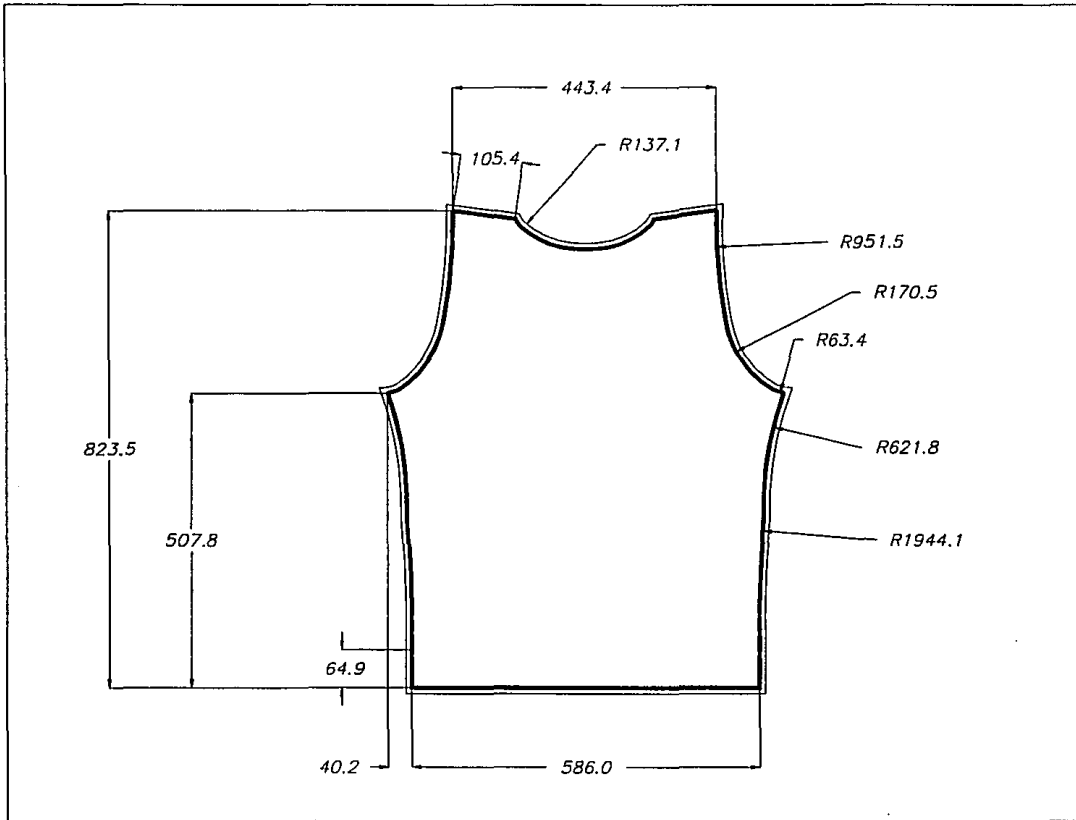
esc 1:10

sist



cotas mm

plano 25/ 50



espalda forro

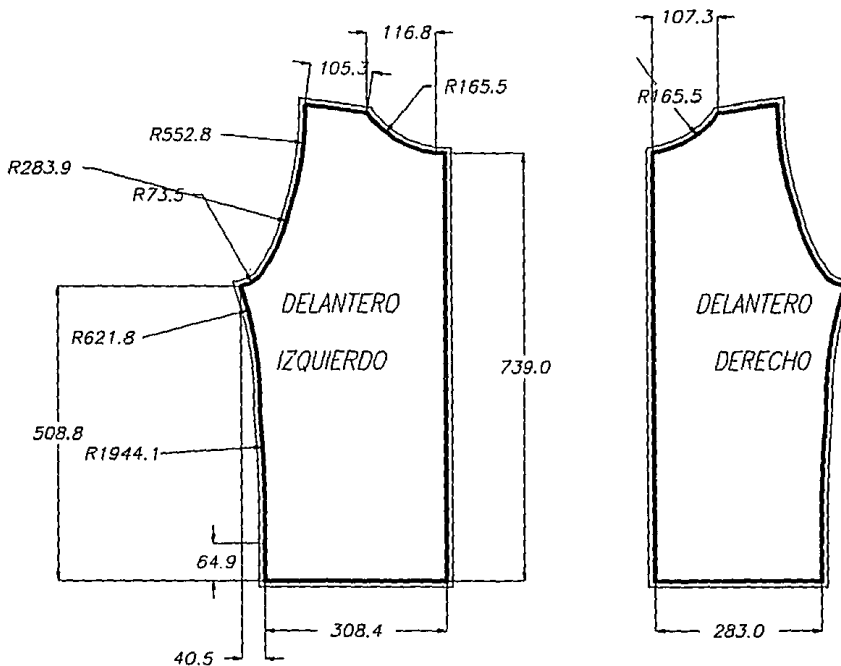
esc 1:10

sist



cotas mm

plano 26/ 50



frente forro

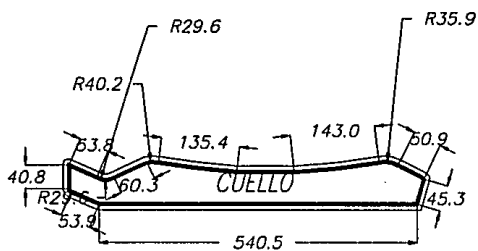
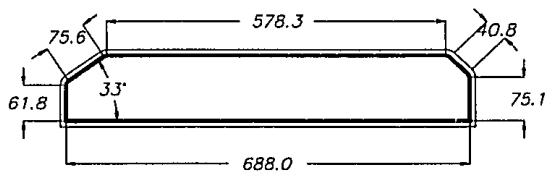
esc 1:10

sist



colas mm

plano 27/50



cuello forro

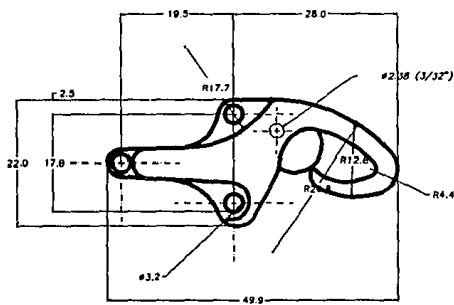
esc 1:10

sist

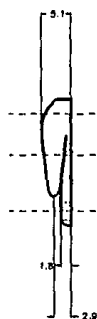


cotas mm

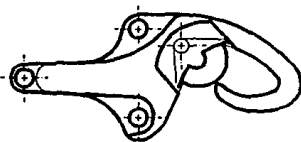
plano 28/50



vista frontal



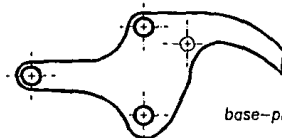
vista lateral



detalle del mecanismo



gancho



base-placa del gancho

broches

esc 1 : 1

sist

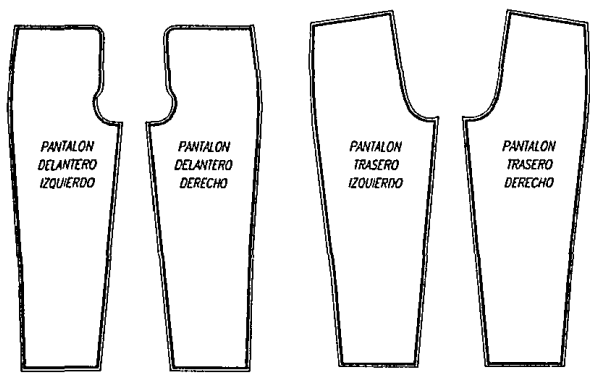


cotas mm

plano 37 / 50



PRETINA PANTALON



trampa superior externo



trampa superior interna



trampa inferior



general

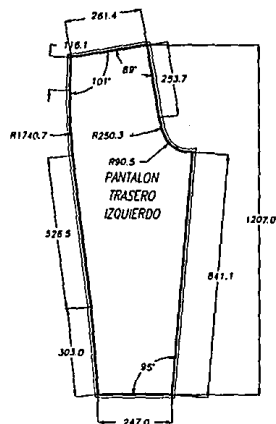
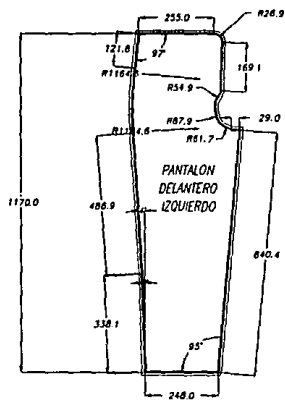
esc 1 20

sist



cotas mm

plano 29/ 50



perneras

esc 1 20

sist



cotas mm

plano 30/ 50



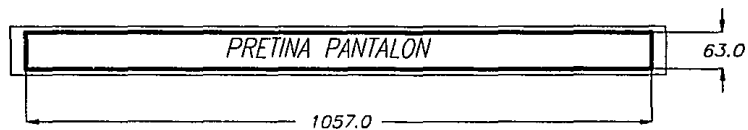
*trampa superior/vista externa*

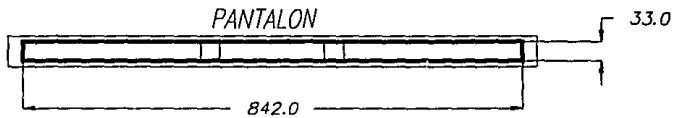
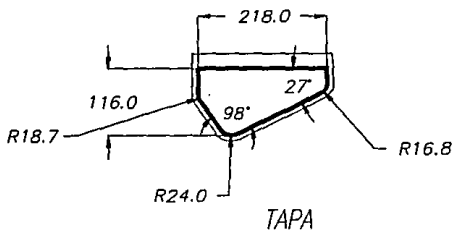
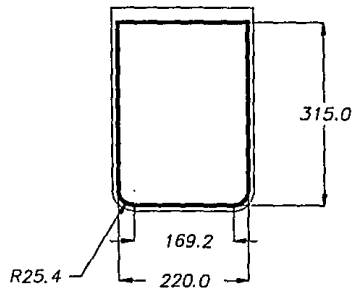
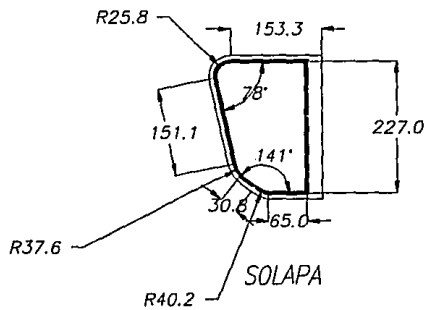


*trampa superior/vista interna*



*trampa inferior*





solapas

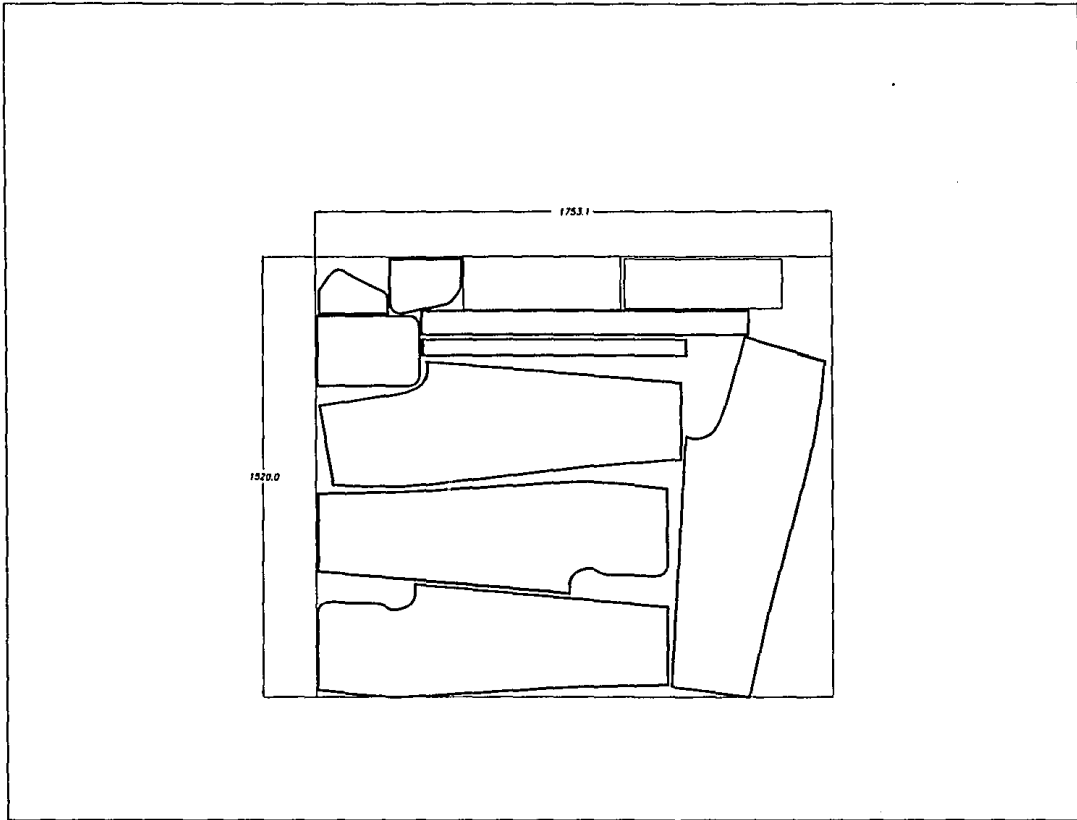
esc 1:10

sist



cotas mm

plano 32/50



layout

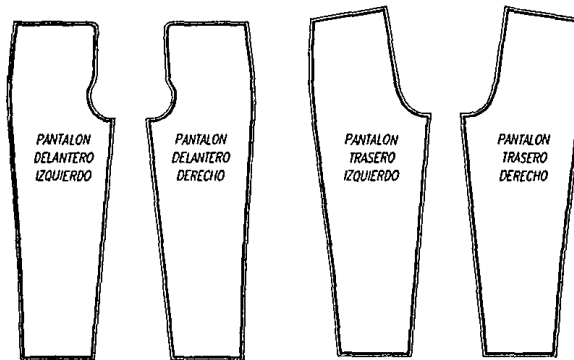
esc 1 20

sist



colas mm

plano 33/ 50



forro pantalon

esc

1 20

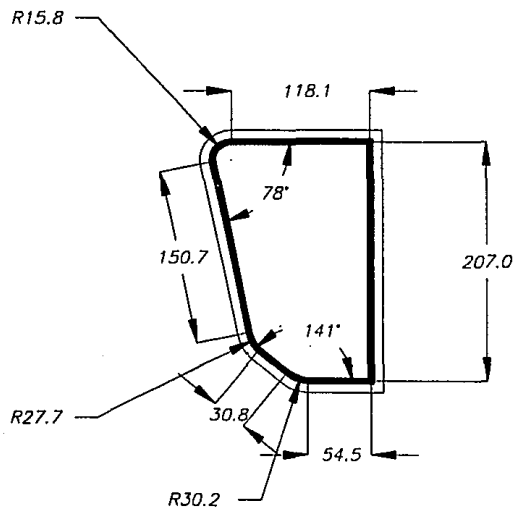
sist



cotas mm

plano 34/ 50





forro solapa

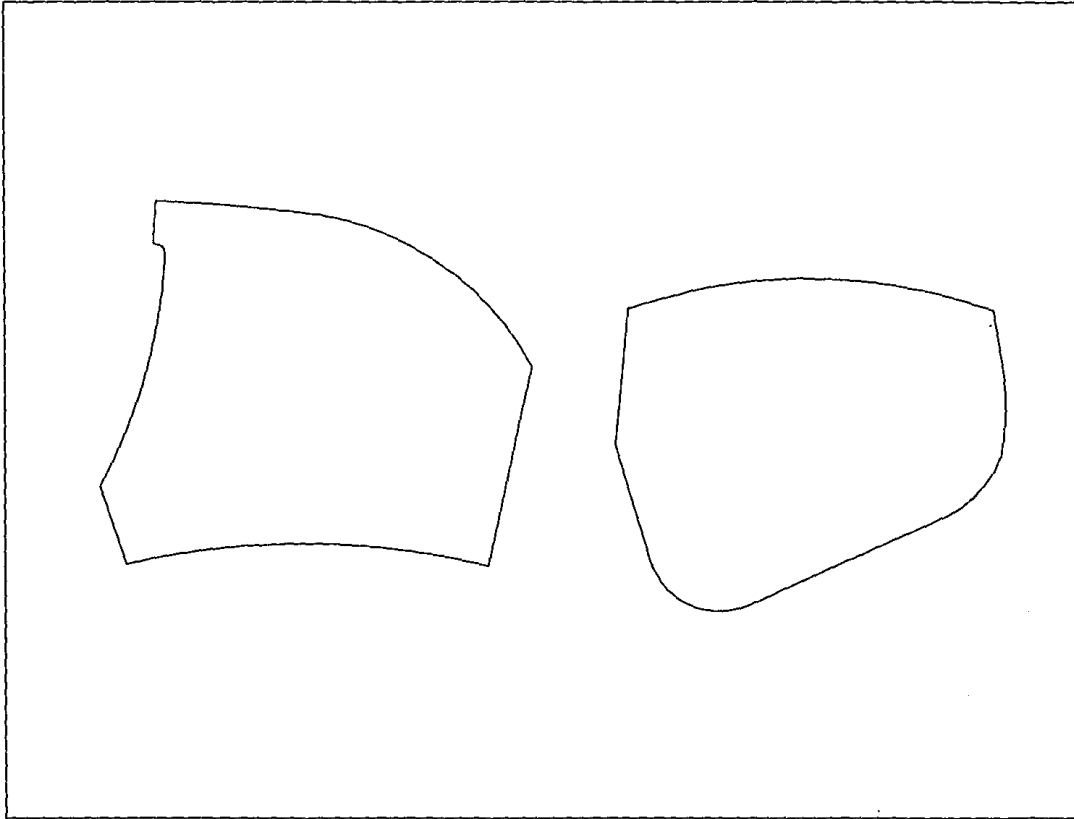
esc 1:5

sist



cotas mm

plano 36/50



PATRONES PALMA

esc

1:2

sist

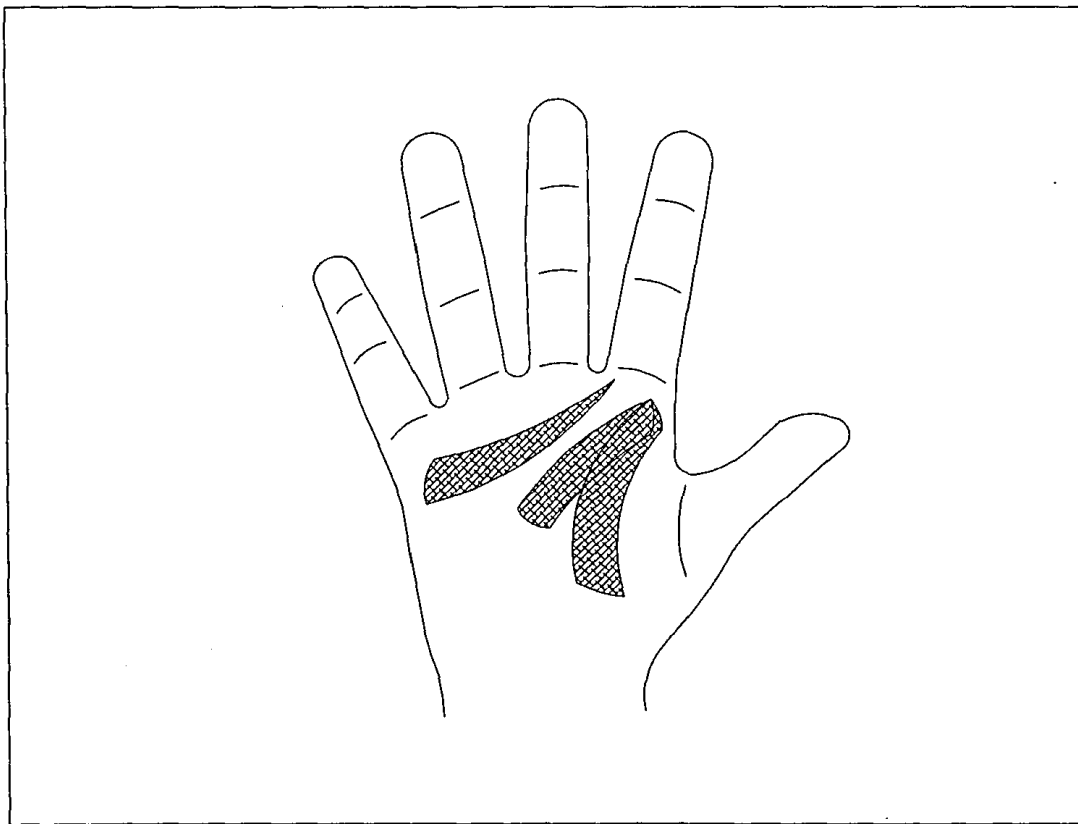


cotas

mm

plano

43/50



*palmografia*

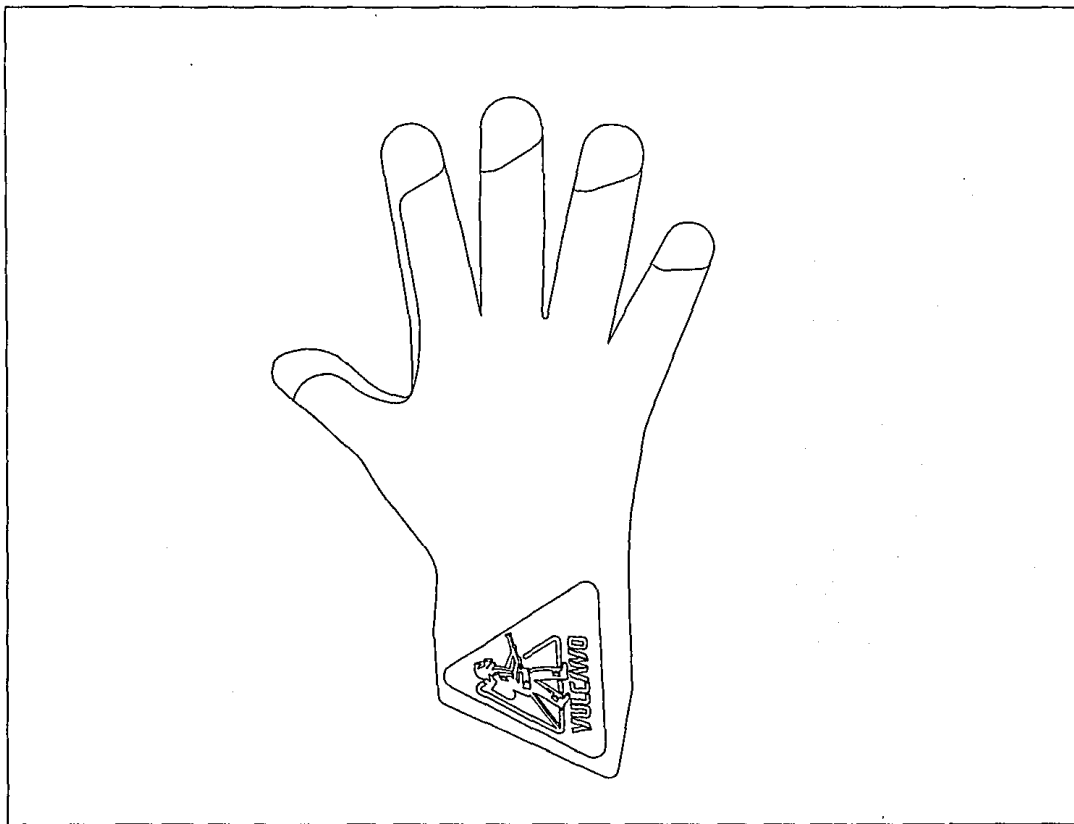
*esc 1:2*

*sist*



*cotas mm*

*plano 38/50*



vista posterior

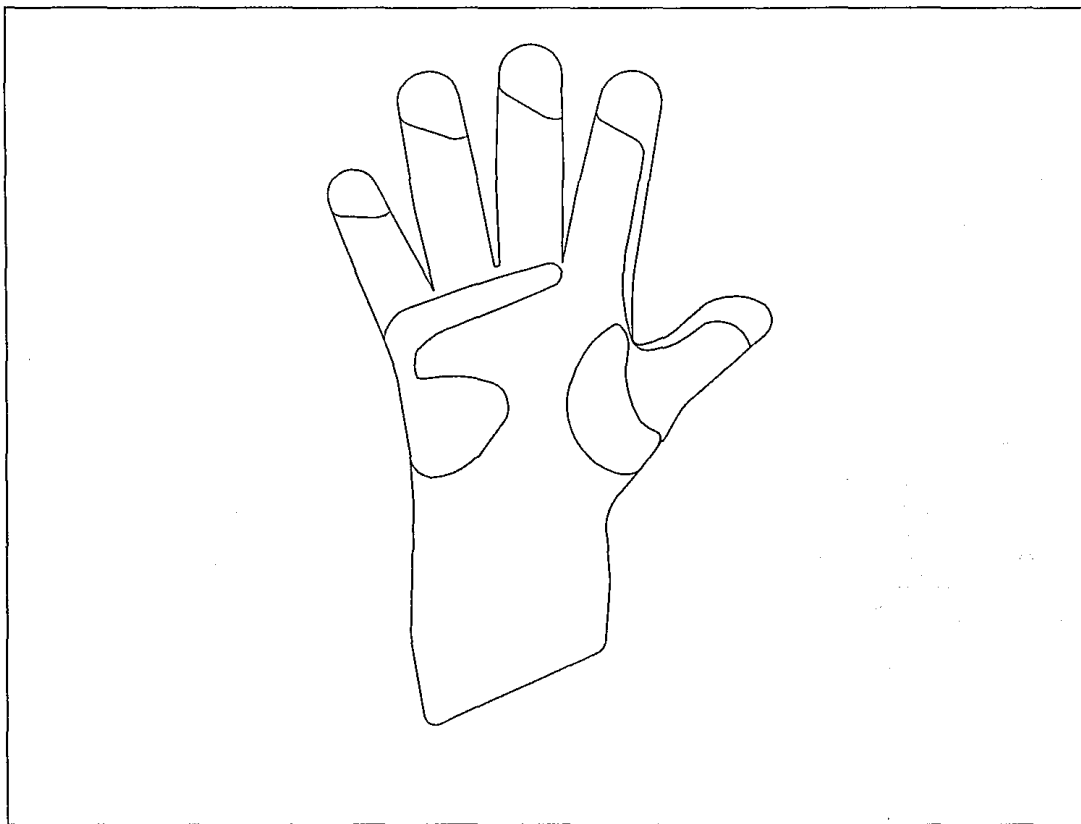
esc 1:2.5

sist



cotas mm

plano 39/ 50



*vista frontal*

*esc*

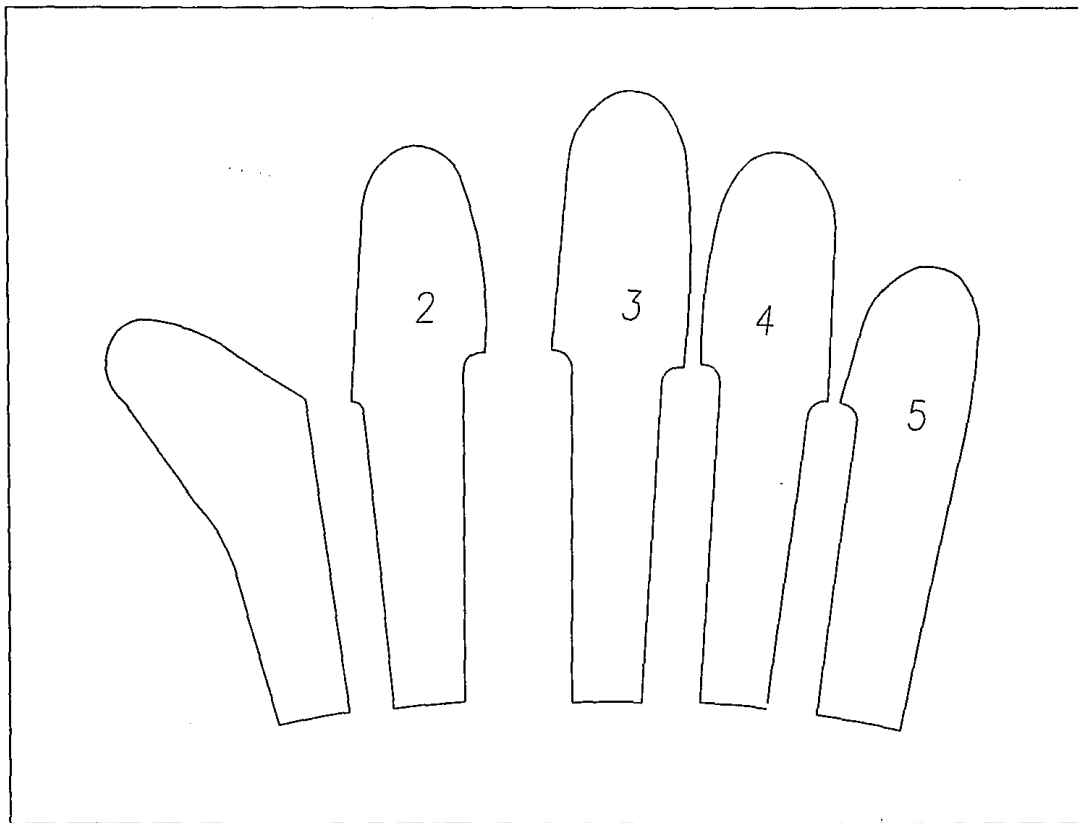
*1:2.5*

*sist*



*cotas mm*

*plano 40/ 50*



PATRONES PALMA

esc

1:2

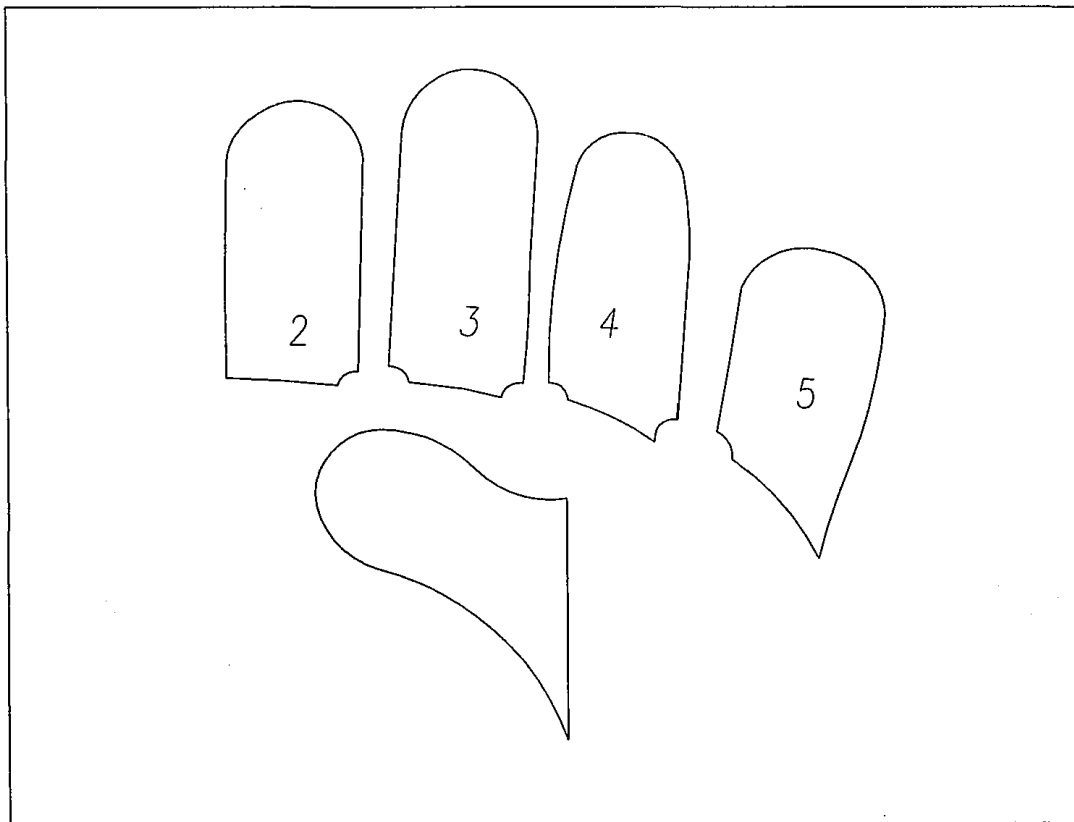
sist



cotas

mm

plano 41/50



PATRONES DORSO

esc

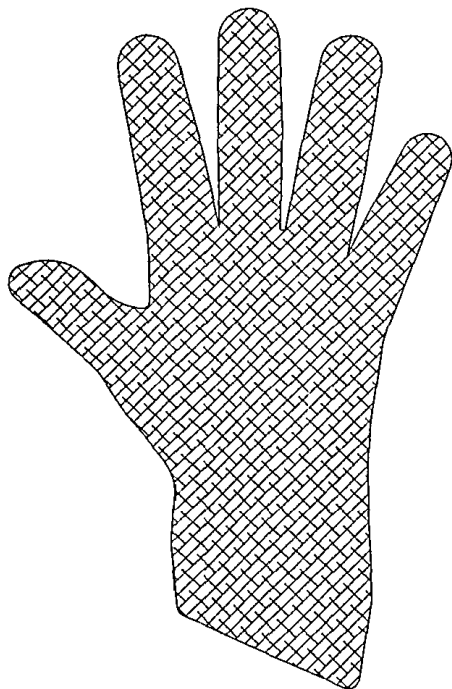
1:2

sist



cotas mm

plano 42/ 50



KEVLAR ALGODON

esc

1:2.5

sist



cotas

mm

plano 44/ 50



## **ANALISIS DEL MERCADO**

Prácticamente todos los materiales que se utilizan en **VULCANO** son de procedencia norteamericana, ya que, por ejemplo, en lo que se refiere a la fabricación de telas con propiedades retardantes a la flama, resistencia a la penetración y rasgadura, la industria nacional o las instituciones de investigación, no han desarrollado alguna tecnología de manera profunda.

Existe la industria que, por medio de acabados posteriores a su manufactura, protegen las telas utilizadas en los interiores de automóviles y aviones contra el fuego, pero esto no es suficiente, porque el acabado posterior de un objeto que prácticamente podría ser considerado como pasivo, no es aplicable a prendas que se encuentran constantemente en uso y desgaste, que provocaría un mantenimiento constante, acción que no sería en lo absoluto recomendable para estos equipos. Es preferible que las fibras utilizadas en la confección de estos equipos contengan estas propiedades desde su extrusión. En los Estados Unidos, existen varias empresas como Du Pont ® y Southern Mills ®, así como en Alemania la compañía Hoechst Celanese®, que llevan varias décadas en el desarrollo de estas fibras, incursionando en campos que abarcan desde los guantes de protección para talleres industriales hasta los trajes presurizados para la NASA y el ejército americano.

Por otro lado, sabemos que todos los materiales que se utilizan para la inyección de plásticos han sido desarrollados en países extranjeros, así como toda la tecnología para su manufactura.

Este tipo de productos son costosos por la tecnología que deben tener como apoyo ya que, a



diferencia de otros tipos de productos cuyo tiempo de vida útil es mínimo por el consumismo, éstos no pueden caducar en un tiempo determinado porque de ellos depende la vida de miles de personas, tanto bomberos como civiles, en todo el mundo. Para poder solventar el costo de producción que representa este equipo, el volumen de producción debe ser grande, pero al mismo tiempo existe el hecho de que no es un producto de venta constante, por la misma circunstancia de su durabilidad. El mercado que se debe abarcar, no es solamente el de bomberos profesionales a nivel nacional ni mucho menos. A continuación se enlistan los sitios que, por disposición oficial, deben contar con equipos de emergencia como **VULCANO** :

- Hospitales, clínicas y centros de salud regionales
- Macro y mediana industrias, con la opción a pequeñas y microindustrias
- Laboratorios en general
- Toda la industria de la extracción y refinamiento de hidrocarburos
- Universidades estatales y privadas
- Edificios públicos y privados
- Banca privada
- Hoteles y restaurantes
- Tiendas de autoservicio, departamentales y de abarrotes
- Ferreterías
- Centros nocturnos y de diversión
- Parques recreativos
- Hangares de almacenamiento de productos varios



- Puertos aéreos y marítimos

La producción de equipos de seguridad calculada para que esta demanda nacional es de 45000 y, si se considera la posibilidad de su exportación, podría crecer hasta los 75000 equipos. Claro está que este volumen de producción no es anual, porque sería uno de los negocios mejor redituados. Según las estadísticas del HCB de la Ciudad de México, el equipo que ellos utilizan tiene una vida útil de entre ocho y dieciséis meses, pero hay que tomar en cuenta que ellos son quienes usan este producto más frecuentemente.

Ahora bien, otros países latinoamericanos y, por qué no, de otros continentes como el europeo y el africano, requieren de esta clase de equipo en mucho mayor grado del que nosotros pensamos. Por dar otro ejemplo, la empresa norteamericana FYREPEL, tiene mercado sólo en cuarenta y siete países repartidos por todo el mundo, lo que significa que no todos los países cuentan con equipos de seguridad apropiados. Por otro lado, está la factibilidad económica de la venta de refacciones porque, aunque son equipos de alto rendimiento, los imponderables a los que están sujetos no aseguran el óptimo desempeño de sus distintas partes. Por ejemplo, la parte del casco que más se gasta es la careta, porque está expuesta al contacto directo de la flama, de productos químicos así como su constante movimiento de rotación para abatirse. Esto provoca un continuo desgaste de sus partes. De igual modo sucede tanto a la cinta de sujeción como al cintillo de ajuste. Por lo referente a las prendas del vestido, está el continuo uso de los ganchos de seguridad cuyo sistema de cierre se deteriora rápidamente.



Por lo anteriormente expuesto, la rentabilidad de **VULCANO** es factible para su producción en el territorio mexicano, a pesar de los altos costos de la materia prima importada así como la alta tecnología que significa su manufactura, ya que el resultado es un equipo de protección personal sumamente confiable a un costo más bajo de los que actualmente se importan y con un control de calidad y un mantenimiento asegurados.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



## CONCLUSIONES

En Estados Unidos de América, en cuyas normas de seguridad (NFPA) están basadas las de México, la cantidad de bomberos que existen sobrepasa por mucho a la cifra mexicana.

Solamente a manera de ejemplo, en ciudades como Queen Island en donde la población es solamente de medio millón de habitantes, existen 3 batallones de lucha contra incendios, 27 carros-bomba y 12 escaleras telescópicas. Estas son un poco más de la mitad de la cantidad de personal y equipo disponible en todo el Distrito Federal (casi 600 elementos del HCB)

Como otro ejemplo palpable, en la ciudad de Tokio, en Japón, el Comandante en Jefe de las Fuerzas de Seguridad Pública, como ellos le llaman, está al mando de más de 18000 bomberos para una población de doce millones de personas, con un bombero por cada seiscientos habitantes, cifra que en la Ciudad de México y Zona Metropolitana es de un bombero para más de treinta y tres mil habitantes, aunque hay que tomar en cuenta el hacinamiento de población en la capital japonesa.

Hasta hace unos 20 años las empresas que realmente tenían un equipo de seguridad confiable se podían contar con los dedos de una sola mano. Hoy en día, gracias a la incesante labor de la Asociación Mexicana de Higiene y Seguridad S.A. (AMHS), cada vez son más las empresas, macroindustrias y grandes fábricas, que comienzan a actualizar su equipo de seguridad. También las dependencias gubernamentales (como las secretarías de estado), tiendas de autoservicio y tiendas de departamentos grandes, comienzan a tener la conciencia que requiere la seguridad de un



establecimiento así como la de toda una sociedad, lo que significa un mercado potencial en este ramo.

El HCB de México no cuenta actualmente con las normas de seguridad mínimas indispensables, que por culpa de burocratismos y "faltas de presupuestos" no se han podido concluir. La AMHS en conjunción con un grupo de industriales comenzó hace unos ocho o diez años el desarrollo de las Normas Mexicanas de Seguridad Industrial y para Siniestros, pero solamente se quedó como proyecto, ya que la parte que dependía de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial así como la de Trabajo y Previsión Social, de la que dependen directamente estas normas, jamás se concluyó.

Los principales proveedores de equipos de seguridad aseguran que el mercado en México no justifica la investigación que este campo requiere, pero aún así, con el Tratado de Libre Comercio este campo va a comenzar a despegar, porque en Estados Unidos, la investigación de laboratorio requerida para el aspecto de seguridad es muy extensa y minuciosa y por el momento los representantes en México de esas empresas como la Dupont, no se interesan por el momento en poder introducir esta tecnología en nuestro país.

Con el fin de comenzar a deshacernos de la dependencia tecnológica que hemos venido arrastrando desde hace tanto tiempo, el proyecto **VULCANO** surge como una posibilidad para diseñar y manufacturar estos objetos en nuestro país, si no con materia prima nacional, al menos sí con la maquinaria necesaria.



---

Por medio de este proyecto se demuestra la posibilidad real que existe en nuestro país de crear objetos de diseño funcionales y al mismo tiempo con una estética que le confiere una personalidad, tema del que mucho se ha discutido en los últimos años y que poco a poco comienza a hacer conciencia entre los industriales mexicanos.

Existen ya empresas dedicadas a la fabricación de equipos de seguridad industrial desde hace varios años, pero estos equipos no cumplen con los requerimientos de uso para los servicios prestados por el HCB por ser copias fieles (si es que así se les puede denominar) de modelos extranjeros.

Esta es una oportunidad para demostrar toda la infraestructura con que cuenta nuestro país en el campo del diseño industrial y con la que se está en un nivel competitivo con el resto de los países industrializados.

**Roberto Carlos Riba Ramírez**



## **BIBLIOGRAFIA**

### NORMAS DE LA NFPA (National Fire Protection Association)

- Standard on Helmets for Structural Fire Fighting.
- Standard on Station/work uniforms for Fire Fighters.
- Standard on Protective Footwear for Structural Fire Fighting.
- Standard on Gloves for Structural Fire Fighting.
- Standard on Personal Alert Safety Systems (PASS).
- Standard on Support Function Protective Garments for Hazardous Chemical Operations.
- Standard on Fire Department Self-contained Breathing Apparatus Program.
- Standard on Aircraft Rescue and Fire Fighting Services at Airports.
- Standard on Professional Competence of Responders to Hazardous Materials Incidents.
- Recommendations for Organization, Training and Equipment of Private Fire Brigades.
- Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program.
- Standard on Vapor Protective Suits for Hazardous Chemical Emergencies.
- Standard on Open-circuit Self-contained Breathing Apparatus for Fire Fighters.
- Standard on Protective Clothing for Structural Fire Fighting.
- The NFPA catalog, fall 1992.



## ERGONOMIA

- Ranges of dynamic motion of the wrist in healthy young and middle-aged men, H. Ojima, S. Miyake, M. Kumashiro, H. Toyami y K. Susuki. Ergonomics, 1992. Vol 35, no 12, 1467-1477.
- Muscle response to pneumatic hand tool torque reaction forces, R. G. Badwin, E. VanBergeijk y T. J. Armstrong Ergonomics 1989, vol.32,no 6, 655-673.
- An investigation of finger pull strengths, S. M. Imrhan y K. Sundararajen Ergonomics, 1992, vol 35, no 3, 275-288.
- External finger forces in submaximal five-finger static pinch prehension, R. G. Radwin, T. R. Jensen y J. G. Webster Ergonomics, 1992, vol 35, no 3, 275-288.
- The influence of some handle designs and handle height on the strength of the horizontal pulling action, D. M. Fothergill, D. W. Grieve y S. T. Pheasant Ergonomics, 1992, vol 35, no 2, 203-212.
- Anthropometric data for describing the kinematics of the human hand, B. Buchholz, T. J. Armstrong y S. A. Goldstein Ergonomics, 1992, vol 35, no 3, 261-273.
- Hand impairment assessment: some suggestions, D. Scott y S. Marcus Applied Ergonomics, 1991, 22,4, 263-269.
- The influence of wrist position on different types of pinch strength, Sheik y N. Imrahn. Applied Ergonomics, 1991, 22,6, 379,384.
- Restriction to movement in firefighter protective clothing: evaluation of alternative sleeves and liners, J. Huck . Applied Ergonomics, 1991, 22, 2, 91-100.
- Hand tool and devices, Human Factors in Engineering and Design, Sanders y Mc. Cormick, Ed. Mc Graw Hill.



## ENTREVISTAS

- Segundo Superintendente Alejandro Aguilar López (Comandante en Jefe del HCB).
- Teniente Coronel Víctor Estrada (Segundo Inspector Central).
- Segundo Oficial Andrés Martínez (Central).
- Segundo Oficial Juan Manuel Pérez (Central).
- Capitán Francisco Izquierdo Domínguez (Tlalpan).
- Sargento Segundo Hugo Vázquez (Central).
- Primer Oficial Trejo Castillo (Tacubaya).
- Primer Oficial José Luis Berumen García (Tacubaya).
- Capitán Gabriel Hernández (Central).
- Primer Oficial Alejandro Camacho (Central).
- Primer Oficial José Antonio Ruiz (Central).
- Capitán Jerry Diaz (Capitán retirado de los EU, Boston Mass.).
- Sra. Ma de los Angeles Pérez (FYREPEL de México).
- Srta. Blanca Sánchez (HBH Bullard de México).
- Lic. Jorge Suárez Peredo Larios (Presidente de ANHS).
- Ing Armando Negrete (Especialista policarbonatos General Electric).
- Ing Miguel Eguiluz (Especialista en Plásticos).
- Ing Ulrich Scharer (Especialista en Procesos de Manufactura).
- Ing Gerardo Haelewyn (Especialista en Textiles DuPont).
- Ing Laura Alvarez A. (Especialista en Textiles DuPont).
- Daniel Gutiérrez Mejorada (Especialista en Textiles).



## FOLLETERIA TECNICA

- DuPont:

KEVLAR, the uncommon material for uncommon solutions.

Yarn and fiber of KEVLAR, comparative look.

Industrial Strength Protective Apparel of DuPont KEVLAR & NOMEX Aramid Fibers.

Questions and Answers about DuPont NOMEX III.

No matter whose turnout you wear, NOMEX & KEVLAR are always there.

Protective Apparel: uncommon solutions to uncommon problems.

Industrial strength protective Apparel of KEVLAR & NOMEX Aramid Fibers lab tests.

Safety in a flash.

Learn why Dowell insists on uniforms of NOMEX III to prevent serious burns from flash fires.

ZYTEL ST, resina ultrarresistente de NYLON.

- Metro Phoenix:

Metro Phoenix Firefighters' Helmets.

- Cairns & Brother:

Helmets & Turnouts for Firefighters.

990 Inruder, in a class by itself.

New York's bravest... just got tougher in a helmet.

Commando and Commando Mountaineer.



- Janesville:
  - Freedom series custom-deluxe turnouts.
  - Firemaster turnouts.
- FYREPEL:
  - Fire fighters protective clothing.
- RANGER:
  - NFPA Standards Footwear.
- Bell
  - Bell, wood thinking.
- Moming Pride
  - The tailed Turnout.
- PBI Hoechst Celanese
  - PBI in fire-service applications.
  - In protective Hoods, PBI makes the difference.
  - Properties of polybenzimidazole high-performance fiber.
  - The Heat stress dragon isn't a fantasy.
  - PBI History.
- General Electric
  - LEXAN design guide.
  - LEXAN injection molding.
  - LEXAN secondary operations guide.



- Southern Mills

Ara-shield revolutionary new reinforcement fabric for outer shells.

Hands on Tomorrow.

The moment Southern Mills protective fabrics are all about.

Thermal liner fabrics.

Wickwell Plus.

- HBH Bullard de México

Con toda seguridad...



© 1986 NFPA. All Rights Reserved

**NFPA 1971**

**Standard on**

## **Protective Clothing for Structural Fire Fighting**

**1986 Edition**

This edition of NFPA 1971, *Standard on Protective Clothing for Structural Fire Fighting*, was prepared by the Technical Committee on Protective Equipment for Fire Fighters and acted on by the National Fire Protection Association, Inc. at its Annual Meeting held May 19-22, 1986, in Atlanta, Georgia. It was issued by the Standards Council on June 11, 1986, with an effective date of July 1, 1986, and supersedes all previous editions.

The 1986 edition of this standard has been approved by the American National Standards Institute.

### **Origin and Development of NFPA 1971**

The original work on this project was done by the Sectional Committee on Protective Equipment for Fire Fighters that was a part of the Committee on Fire Department Equipment. In 1975, the Sectional Committee released a tentative standard, NFPA 19A-1, *Tentative Standard on Protective Clothing for Fire Fighters*. The Sectional Committee continued its work, and with the cooperation of the Program for Fire Services Technology of the National Bureau of Standards, developed NFPA 1971, *Standard on Protective Clothing for Structural Fire Fighting*. NFPA 1971 was adopted as a standard at the Fall Meeting in Pittsburgh, Pennsylvania on November 18, 1975.

Since that time, the Sectional Committee has been removed from the Committee on Fire Department Equipment, and made a full technical committee.

The 1981 edition of NFPA 1971 represented a complete editorial reworking of the 1975 edition to make the document more usable by both the fire service and protective clothing manufacturers.

The 1986 edition incorporates a complete revision of the document to include more performance requirements and less specifications. Separate performance and testing chapters were written.



1971-2

PROTECTIVE CLOTHING FOR STRUCTURAL FIRE FIGHTING

CONTENTS

1971-3

Committee on  
Protective Equipment for Fire Fighters

Richard M. Duff, Chairman  
Int'l Assn of Fire Fighters  
Wanda B. Walker, Secretary  
Heat Safety Applications Co.  
(Chairman)

Steve V. Asherman, South Plainfield, NJ  
Rep. Nat'l Volunteer Fire Council  
Clara E. Alexander, Duane Fire Dept.  
Joseph A. Bagley, Heat Safety Applications Co.  
Rep. CCA  
Frank T. Blackburn, Los Alamitos Fire Dept., CA  
Christopher E. Conolly, Canton & Boston Ins.  
Joseph Dagnone, Int'l Union of Ironworkers  
Chief Henshaw, IAFF  
William H. Hooper, Underwood Lumberman  
Ins.  
William J. Jones, NJ City Fire Dept.  
Raymond J. Saffy, Jr., RI State Assn of Fire  
Fighters  
Rep. NFPA Fire Service Section

John F. Smith, Green Bay Fire Brevers  
Julian W. McWh. Swaine  
Jim Mast, IAFF  
Rep. Int'l Assn of Fire Fighters  
Robert J. Overcash, Office of the Director Fire  
Marshal  
J. Tom Smith, U.S. Fire Administration  
Charles E. Lane, Seattle Fire Dept., WA  
Lt. Jeffrey Knall, U.S. Coast Guard Office of  
Research & Development  
Douglas W. Tevks, Eicher Manufacturing Co.  
Brent H. Taylor, Phoenix Fire Dept., AZ  
John M. Unger, Bunkum Ins.  
John H. Weaver, Tappan Products Ins.  
Rep. Industrial Safety Equipment Assn.

## Alabama

Dr. Roger L. Barber, North Carolina State Univ.  
Research  
Arlene M. D. Tuck  
Gardner C. Ebling, Canton & Boston Ins.  
Arlene M. C. Conolly  
Chief Jones, Tappan Fire Dept., AZ  
(Associate on B. J. Saffy)  
John M. Wright, Green Bay Fire Brevers  
(Associate on J. Weaver)

Robert L. Tommaso, Phoenix Fire Dept., AZ  
(Associate on B. J. Saffy)  
Don J. Aet, Campbell Fire Assn. Ins.  
(Associate on J. Saffy)  
Frank J. Walker, Jr., Industrial Safety Equip-  
ment Assn. Ins.  
(Associate on J. H. Weaver)

## New Jersey

Edna S. Gardner, U.S. Occupational Safety &  
Health Admin.  
(Associate on T. M. Brennan)

Thomas M. Brennan, U.S. Occupational Safety  
& Health Admin.

The list represents the membership of the time the Committee was formed on the first of the edition.  
Since that time, changes in the membership may have occurred.

NOTE: Membership on the Committee shall not be an official endorsement or recognition of the  
authenticity of any equipment developed by the Committee or on which the member serves.

## Contents

Chapter 1 Administrative	1971 4
11 Scope	1971 4
12 Purpose	1971 4
13 Definitions	1971 5
14 General	
Chapter 2 Design Requirements	1971 5
21 General Requirements	1971 5
22 Additional Requirements for Protective Coats	1971 6
23 Additional Requirements for Protective Trousers	1971 6
24 Additional Requirements for Protective Coveralls	1971 6
Chapter 3 Performance Requirements	1971 6
31 General Requirements	1971 6
32 Textiles	1971 7
33 Outer Shell Requirements	1971 7
34 Moisture Barrier Requirements	1971 7
35 Thermal Barrier Requirements	1971 7
36 Moisture Liner Requirements	1971 8
37 Thread Requirements	1971 8
38 Usability Requirements for T-shirt	1971 8
39 Hardware Requirements	1971 8
310 Label Requirements	1971 9
311 Collar Lining Requirement	1971 9
Chapter 4 Testing and Inspection	1971 9
41 Sampling	1971 9
42 Testing	1971 9
43 Inspection	1971 9
Chapter 5 Test Methods	1971 9
51 Thermal Protective Performance Test	1971 10
52 Thermal Knowledge Resilience Test	1971 10
53 Heat, Chaf, and Irritation Resilience Test	1971 11
54 Tear Resistance Testing	1971 11
55 Retrorreflective Test	1971 11
Chapter 6 Referenced Publications	1971 11
Appendix A	1971 12
Index	1971 14



1971-4

## PROTECTIVE CLOTHING FOR STRUCTURAL FIRE FIGHTING

NFPA 1971

Standard on

Protective Clothing for  
Structural Fire Fighting

1996 Edition

**NOTICE:** An annual (1) following the number or have designated a paragraph indicates explanations material on this program is optional. 2) following the number or have designated an referenced publication can be found in Chapter 1.

## Chapter 1 Administration

## 1-1 Scope.

1-1.1 This standard specifies minimum design and performance criteria and test methods for protective clothing designed to protect fire fighters against adverse environmental effects during structural fire fighting.

1-1.2 This standard does not apply to specialized protective clothing for aerial rescue and fire fighting, hot zones materials convergence, or wildland fire fighting and does not provide criteria for protection, approach or entry clothing or criteria for protection from chemical, radiological, or biological agents.

## 1-2 Purpose.

1-2.1 The purpose of this standard is to provide minimum performance requirements for structural fire fighting protective clothing.

## 1-3 Definitions.

**Approach Clothing.** Protective clothing designed to provide protection from radiant heat.

**Approved.\*** Acceptable to the "authorities having jurisdiction."

**Cargo Pockets.** Pockets located on the protective garment exterior.

**Char.** The formation of a brittle residue when material is exposed to thermal energy.

**Collar Lining.** That part of collar fabric composite that is next to the skin when the collar is closed in the closed position.

**Compliance.** Meeting or exceeding all applicable requirements of the standard.

**Drop.** To run or fall on drops or blocks.

**Entry Clothing.** Protective clothing that is designed to provide protection from conductive, convective, and radiant heat and permit entry into flames.

**Hardware.** Nonfabric components of protective clothing including those made of metal or plastic material.

**May.** This term is used to state a permissive use, or an alternative method in a specified requirement.

**Melt.** Transition from solid to liquid, or become consumed by action of heat.

**Molten Barrier.\*** That component layer designed to prevent the transfer of liquid water from the exterior to the thermal barrier.

**Outer Shell.** That outside facing component layer with the exception of trim, hardware, and reinforcing material.

**Protective Clothing.** Protective garments configured as a coat and trousers; or as a coverall and designed to provide protection to the fire fighter's body.

**Protective Coat.** Protective garment designed and configured to provide protection to upper torso and arms, excluding the hands and head.

**Protective Coverall.** Protective garment designed and configured to provide protection to the torso, arms and legs, excluding the head, hands and feet.

**Protective Garment.** Protective coat, protective trousers, or protective coverall.

**Protective Trousers.** Provides protection to lower torso and legs, excluding the feet.

**Protective Uniform Pant.** A pant designed and configured to be both the thermal barrier of a protective trousers and a session work uniform.

**Resilient Clothing.** Reflective protective clothing that is designed to provide protection against conductive, convective, and radiant heat.

**Shell.** Indicates a mandamus requirement.

**Should.** This term as used in the Appendix in denotes a recommendation or that which is advised but not required.

**Structural Fire Fighting.** The activities of interior fire suppression and property conservation in buildings, enclosed structures, vehicles, vessels, or land properties that are involved in a fire or emergency situation.

**Thermal Barrier.** That component layer designed to provide thermal protection.

**Trim.** Reinforcing and fluorescent material permanently attached to the outer shell for visibility enhancement.

**Water Layer.** An optional component layer designed to provide added insulation against cold.

## MINIMUM REQUIREMENTS

1971-5

## 1-4 General.

1-4.1 Manufacturers of protective clothing meeting the requirements of this standard shall provide a written statement that the protective clothing manufactured by that company and provided to the purchaser meets or exceeds the requirements of this standard. The manufacturer shall furnish to the purchaser upon request the laboratory data showing individual values upon which the statement is based.

1-4.2\* The manufacturer shall provide to the purchaser, on request, guidelines for garment maintenance, inspection, and retirement.

1-4.3 Protective garments shall meet all applicable design and performance requirements specified in this standard.

## Chapter 2 Design Requirements

## 2-1\* Garment Requirements.

2-1.1 A sample garment shall have at least the applicable design requirements specified in this chapter when inspected by the testing laboratory as specified in Chapter 4 of this standard.

2-1.2\* The garment shall consist of a composite of an outer shell, moisture barrier, and thermal barrier.

2-1.3\* Protective garments shall have a means of outer shell, moisture barrier, and thermal barrier to the outer shell.

2-1.4 The garments, including the front closure, shall be constructed to a manner that provides secure and complete moisture and thermal protection. If nonporous fasteners, such as snaps or hooks and pile type, are utilized in garment closures, a positive locking fastener such as hooks and loops or zippers shall be utilized.

2-1.5\* Moisture barriers and thermal barriers shall extend to within 3 in. (76.2 mm) of the outer shell at the cuffs and hems of protective garments. At the neck, the outer moisture barrier and thermal barrier shall extend to neckline seam. At the waist, the trousers moisture barrier and thermal barrier shall extend to the waistline seam.

2-1.6\* Cargo pockets when provided shall have a means of drainage of water, and shall have flaps with a means of fastening them to the closed position.

2-1.7\* Trim utilized to meet visibility requirements shall not be less than 2 in. (50.8 mm) wide and shall have retroreflective and fluorescent surfaces. Retroreflective surface of trim shall not be less than 0.875 in. (22.37 mm) wide. Fluorescent and retroreflective area of trim shall appear to be continuous for the length of the trim, with little or no breaks or discontinuities of the trim, more than 8 (20.32 mm).

2-1.8\* Trim affixed to protective garments exceeding the visibility requirements specified in 2-1.7 and 2-1.8 of

this standard may be obscured by components such as, but not limited to, pockets, storm flaps, and reinforcing patches as long as the minimum trim required in 2-1.7, 2-1.8, 2-1.7, 2-1.5, 2-1.4, and 2-1.3 is not obscured.

## 2-1.9 Labeling Requirements.

2-1.9.1\* Only protective garments meeting all applicable requirements of this standard specified herein shall be labeled as meeting the requirements of NFPA 1971.

2-1.9.2\* The outer shell and each applicable layer of each protective garment shall have a label permanently and conspicuously attached to the inside upon which is shown the following markings and information as printed:

"NFPA 1971 REQUIRES LABORATORY CERTIFICATION. THIS STRUCTURAL FIRE FIGHTING PROTECTIVE GARMENT MEETS THE REQUIREMENTS OF NFPA STANDARD 1971.

## WARNING

OUTER SHELL, MOISTURE BARRIER, AND THERMAL BARRIER MEETING ALL REQUIREMENTS OF NFPA 1971 MUST BE UTILIZED AND ALL GARMENT CLOSURES MUST BE FASTENED WHEN IN USE. DO NOT KEEP THIS GARMENT IN DIRECT CONTACT WITH FLAMES OR MOLTEN METAL. DO NOT USE FOR PROXIMITY OR FIRE ENTRY APPLICATIONS OR FOR PROTECTION FROM CHEMICAL, RADIOLOGICAL OR BIOLOGICAL AGENTS. KEEP CLEAN--SOILING WILL REDUCE PROTECTIVE QUALITIES MAINTAIN AND ALTER ONLY IN ACCORDANCE WITH MANUFACTURER'S INSTRUCTIONS. NO PROTECTIVE CLOTHING CAN PROVIDE COMPLETE PROTECTION FROM ALL CONDITIONS--USE EXTREME CARE FOR ALL EMERGENCY OPERATIONS FAILURE TO COMPLY WITH THESE INSTRUCTIONS MAY RESULT IN SERIOUS INJURY OR DEATH."

Manufacturer's name  
Manufacturer's address  
Contact of manufacturer  
Manufacturer's garment identification number  
Date of manufacture  
Size  
Cleaning and drying instructions  
Fiber content

## "DO NOT REMOVE THIS LABEL"

EX Additional Requirements for Protective Coats.  
2-1.11\* Protective coats shall provide protection as specified to the upper torso, neck, arms, and wrists, excluding the hands and feet.

NFPA 1971

NFPA 1971



172-3

## PROTECTIVE EQUIPMENT FOR INDUSTRIAL FIRE PROTECTORS

5-2.2 Protective coat hardware shall not protrude through the outer shell, moisture barrier, and thermal barrier to contact the wearer's body when the coat is worn with closures fastened, unless the hardware is completely covered by external closure flaps.

5-2.3<sup>a</sup> Each protective coat sleeve shall have a resilient means meeting requirements as specified in 5.3.3 of this standard.

5-2.4 Protective coats shall have a composite collar no less than 6.9 in (175.3 mm) in height at its top joint with a closure system. Collar and closure system shall consist of an outer shell, moisture barrier, and thermal barrier that meet all performance requirements as specified in Chapter 3 of this standard.

5-2.5<sup>a</sup> Protective coat front configuration shall include a circumferential band around the waist and each wrist.

5-2.6 Protective coat front shall have no less than 33.9 sq in (1097) in cm<sup>2</sup> of fluoropolymer area.

5-2.7 Protective coat wrist shall include no less than 11.9 sq in (180.9 sq cm) of fluoropolymer area visible from the front and 11.9 sq in (180.9 sq cm) of fluoropolymer area visible from the rear when the garment is properly closed and is laid on a flat inspection surface.

5-3 Additional Requirements for Protective Trousers.

5-3.1<sup>a</sup> Protective trousers shall provide protection as specified to the lower torso and leg, including the ankles and feet.

5-3.1.1 The thermal barrier of the protective trousers may be configured as a protective uniform pant. When configured in this manner the protective uniform pant component shall meet all requirements for thermal barriers specified in Chapters 1 and 2 of this standard and the inner protective trousers moisture barrier and moisture barrier and protective uniform pants at the thermal barrier shall meet the requirements specified in 1.4.3 of this standard. Also, the protective uniform pants shall meet all requirements specified in NFPA 1973 Standard on Station Work Clothes for Fire Fighters.

5-3.2 Protective trousers hardware shall not protrude through the outer shell moisture barrier and thermal barrier to contact the wearer's body when trousers are worn with closures fastened, unless the hardware is located on the waistband by hardware or completely covered by external closure flaps.

5-3.3 Protective trouser seam shall include a circumferential band around each leg between the hem and leg.

5-3.4 Protective trouser front shall have no less than 40 sq in (132.0 sq cm) of fluoropolymer area.

5-3.5 Protective trouser front shall include no less than 40 sq in (132.0 sq cm) of fluoropolymer area visible from the front and 40 sq in (132.0 sq cm) of fluoropolymer area visible from the rear when the garment is properly closed and is laid on a flat inspection surface.

## 5-4 Additional Requirements for Protective Coveralls.

5-4.1 That portion of the protective coverall that corresponds to the protective coat shall meet all requirements of Section 5.2.

5-4.2 That portion of the protective coverall that corresponds to the protective trousers shall meet all requirements of Section 5.3 of this chapter.

## Chapter 3 Performance Requirements

## 3-1 Garment Requirements.

3-1.1 The protective garment fabric composite consisting of outer shell, moisture barrier, and thermal barrier shall have an average Thermal Protective Performance (TPP) of not less than 33.0 when tested as specified in Section 3.1 of this standard before and after four cycles of washing and drying in accordance with the procedure specified in Section 5 of AATCC 155.1 III. B. *Domesticational Changes in Automatic Home Laundering of Women and Kids Fabrics*.

3-1.2 All seams shall possess a breaking strength of not less than 80 percent of the fabric when tested in accordance with ASTM D 1818, *Standard Test Method for Tensile of Seam Seams of Woven Fabric*, with the machine operated at a rate of 10 in/min (304.8 mm/min).

## 3-2 Trashes.

3-2.1 Outer shell moisture barrier thermal barrier, collar linings, waistband, wrist and cuff, and hem shall be individually tested for flame resistance and shall have an average char length of not more than 4.0 in (101.6 mm), an average air flow of not more than 7.0 seconds, and shall not melt or drip when tested in accordance with Method 1903.1 of *Standard Test Method for Vertical Char of Textile* of Federal Test Method Standard 191A, *Textile Test Methods*. The flame resistance test shall be conducted both before and after five cycles of washing and drying in accordance with the procedure specified in Section 5 of AATCC 155.1 III. B. *Domesticational Changes in Automatic Home Laundering of Women and Kids Fabrics*.

3-2.2 Outer shell moisture barrier thermal barrier, collar linings, and waistband fabric shall be individually tested and shall not melt or drip when tested in any direction when tested as specified in Section 5.2 of this standard. The thermal shrinkage test shall be conducted both before and after five cycles of washing and drying in accordance with the procedure specified in Section 5 of AATCC 155.1 III. B. *Domesticational Changes in Automatic Home Laundering of Women and Kids Fabrics*.

3-2.3 Outer shell moisture barrier thermal barrier, collar linings, and waistband fabric and other materials used on construction including but not limited to padding, reinforcements, wrinkles, labels, or reflecting binding, hanger loops, and remedia bars ex-

cluding trim, and hook and pile fasteners when not placed in direct contact with the body shall be individually tested for heat resistance and shall not melt, spatter, or ignite when tested as specified in Section 3 of this standard. The heat resistance testing shall be conducted both before and after five cycles of washing and drying in accordance with the procedure specified in Section 5 of AATCC 155.1 III. B. *Domesticational Changes in Automatic Home Laundering of Women and Kids Fabrics*.

3-2.4 Outer shell moisture barrier, thermal barrier, collar linings, and waistband fabric shall be individually tested for clearing shrinkage resistance and shall not shrink more than 5.0 percent in any direction after five cleaning and drying cycles in accordance with AATCC 155.1 III. B. *Domesticational Changes in Automatic Home Laundering of Women and Kids Fabrics*.

3-2.5 All dyed fabrics used in manufacturing protective clothing shall be tested for colorfastness and shall exhibit a rating of "Good" for laundering when tested in accordance with Method 5605, *Colorfastness of Combined Laundering and Bleaching of Textile Materials*, Launderometer Method without bleach of Federal Test Method Standard 191A, *Textile Test Methods*.

3-2.6 All dyed fabrics used in manufacturing protective clothing shall be tested for crock resistance and shall exhibit a rating of "Good" for crocking when tested in accordance with Method 5551, *Crocking of Woven and Knitted Cloth*, Standard sample, Manual Soiled Method of Federal Test Method Standard 191A, *Textile Test Methods*.

## 3-3 Outer Shell Requirements.

3-3.1 Outer shell fabric shall be tested for tear resistance and shall have a minimum tear strength of 10.0 lb (44.5 N) when tested as specified in Section 5.4 of this standard.

3-3.2 Outer shell fabric shall be tested for char resistance and shall not char when tested as specified in Section 3.2.1 of this chapter. The char resistance testing shall be conducted both before and after five cycles of washing and drying in accordance with the procedure specified in Section 5 of AATCC 155.1 III. B. *Domesticational Changes in Automatic Home Laundering of Women and Kids Fabrics*.

3-3.3 Outer shell fabric shall be tested for water absorption resistance and shall have a water absorption of not less than 90 percent before and not less than 70 after five cycles of washing and drying in accordance with the procedure specified in Section 5 of AATCC 155.1 III. B. *Domesticational Changes in Automatic Home Laundering of Women and Kids Fabrics*.

3-3.4 Outer shell fabric shall be tested for water absorption resistance and shall have a water absorption of not more than 15.0 percent when tested as specified in Section 5 of AATCC 155.1 III. B. *Domesticational Changes in Automatic Home Laundering of Women and Kids Fabrics*.

## REQUIREMENTS

172-3

3-3.5 All dyed fabrics used in manufacturing protective clothing shall be tested for colorfastness and shall exhibit a rating of "Good" for laundering when tested in accordance with Method 5605, *Colorfastness of Combined Laundering and Bleaching of Textile Materials*, Launderometer Method without bleach of Federal Test Method Standard 191A, *Textile Test Methods*.

3-3.6 All dyed fabrics used in manufacturing protective clothing shall be tested for crock resistance and shall exhibit a rating of "Good" for crocking when tested in accordance with Method 5551, *Crocking of Woven and Knitted Cloth*, Standard sample, Manual Soiled Method of Federal Test Method Standard 191A, *Textile Test Methods*.

3-3.7 Outer shell fabric shall be tested for tear resistance and shall have a tear strength of not less than 8.0 lb (35.2 N) when tested as specified in Section 5.4 of this standard.

3-3.8 The moisture barrier fabric shall be tested for water penetration resistance and shall have a minimum water penetration resistance of 15 psi when tested in accordance with Method 5313, *Water Resistance of Coated Cloth*, High Range, Hydrostatic Pressure Method, and 1 psi for five minutes when tested in accordance with Method 5316, *Water Resistance of Cloth*, Water Permeability, Hydrostatic Pressure Method, both Methods of Federal Test Method Standard 191A, *Textile Test Methods*. The water penetration resistance testing shall be conducted both before and after five cycles of washing and drying in accordance with the procedure specified in Section 5 of AATCC 155.1 III. B. *Domesticational Changes in Automatic Home Laundering of Women and Kids Fabrics*; Appearance of water droplets shall constitute failure.

3-3.9 Moisture barrier fabric shall be tested for water resistance and shall have a minimum water resistance of 15 psi for five minutes when tested in accordance with Method 5316, *Water Resistance of Cloth*, Water Permeability, Hydrostatic Pressure Method, of Federal Test Method Standard 191A, *Textile Test Methods*. The water resistance testing shall be conducted both before and after five cycles of washing and drying in accordance with the procedure specified in Section 5 of AATCC 155.1 III. B. *Domesticational Changes in Automatic Home Laundering of Women and Kids Fabrics*; Appearance of water droplets shall constitute failure.

3-3.10 Thermal barrier fabric shall be tested for thermal resistance and shall have a tear strength of not less than 5.0 lb (22.7 N) when tested as specified in Section 5.4 of this standard.

3-3.11 Thermal barrier fabric shall be tested for thermal resistance and shall have a tear strength of not less than 5.0 lb (22.7 N) when tested as specified in Section 5.4 of this standard.

3-3.12 Thermal barrier fabric shall be tested for thermal resistance and shall have a tear strength of not less than 5.0 lb (22.7 N) when tested as specified in Section 5.4 of this standard.

3-3.13 Thermal barrier fabric shall be tested for thermal resistance and shall have a tear strength of not less than 5.0 lb (22.7 N) when tested as specified in Section 5.4 of this standard.

3-3.14 Thermal barrier fabric shall be tested for thermal resistance and shall have a tear strength of not less than 5.0 lb (22.7 N) when tested as specified in Section 5.4 of this standard.

3-3.15 Thermal barrier fabric shall be tested for thermal resistance and shall have a tear strength of not less than 5.0 lb (22.7 N) when tested as specified in Section 5.4 of this standard.

3-3.16 Thermal barrier fabric shall be tested for thermal resistance and shall have a tear strength of not less than 5.0 lb (22.7 N) when tested as specified in Section 5.4 of this standard.

3-3.17 Thermal barrier fabric shall be tested for thermal resistance and shall have a tear strength of not less than 5.0 lb (22.7 N) when tested as specified in Section 5.4 of this standard.

3-3.18 Thermal barrier fabric shall be tested for thermal resistance and shall have a tear strength of not less than 5.0 lb (22.7 N) when tested as specified in Section 5.4 of this standard.

3-3.19 Thermal barrier fabric shall be tested for thermal resistance and shall have a tear strength of not less than 5.0 lb (22.7 N) when tested as specified in Section 5.4 of this standard.

3-3.20 Thermal barrier fabric shall be tested for thermal resistance and shall have a tear strength of not less than 5.0 lb (22.7 N) when tested as specified in Section 5.4 of this standard.

3-3.21 Thermal barrier fabric shall be tested for thermal resistance and shall have a tear strength of not less than 5.0 lb (22.7 N) when tested as specified in Section 5.4 of this standard.

3-3.22 Thermal barrier fabric shall be tested for thermal resistance and shall have a tear strength of not less than 5.0 lb (22.7 N) when tested as specified in Section 5.4 of this standard.

3-3.23 Thermal barrier fabric shall be tested for thermal resistance and shall have a tear strength of not less than 5.0 lb (22.7 N) when tested as specified in Section 5.4 of this standard.

3-3.24 Thermal barrier fabric shall be tested for thermal resistance and shall have a tear strength of not less than 5.0 lb (22.7 N) when tested as specified in Section 5.4 of this standard.



171-8 PROTECTIVE EQUIPMENT FOR STRUCTURAL FIRE FIGHTING

5-7 Thread Requirements.

5-7.1 All thread utilized in the construction of the garment shall not upset, neck or cham when tested to a temperature of 300°F in accordance with Method 1354, Milling, Point of Spreader Fibers, of Federal Test Method Standard 191A, *Tensile Test Methods*.

5-8 Visibility Requirements for Trims.

5-8.1 Protective coat trim when tested as specified in Section 3 of this standard shall have a test coefficient of luminous transmittance (C<sub>L</sub>) of not less than 80.

5-8.2 Protective trouser trim when tested as specified in Section 3 of this standard shall have a test coefficient of luminous transmittance (C<sub>L</sub>) of not less than 75.

5-9 Hardware Requirements.

5-9.1 All hardware finish shall be free of rough spots, burrs, or sharp edges.

5-9.2 All hardware shall be tested for corrosion resistance and shall pass without corrosion at 15 hours salt spray test in accordance with ASTM B 117, *Salt Spray*

(Fog) Testing. Salt spray shall be 5 percent saline solution.

5-9.3 All hardware shall be tested for heat resistance and shall not upset and shall remain functional when tested as specified in Section 3 of this standard.

5-9.4 Snap Requirements.

5-9.4.1 Snaps shall meet the requirements of MIL-STD-1916D, *Fastener, Snap*.

5-9.5 Fastener Tape Requirements.

5-9.5.1 Fastener tape shall meet the requirements of MIL-STD-1916D, *Fastener Tapes, Hook and Pile, Synthetic*.

5-9.6 Zipper Requirements.

5-9.6.1 Zippers shall meet the requirements of FED-STD-1916D, *Fasteners, Interlocking, Slide*.

5-9.7 Hooks and Dens Requirements.

5-9.7.1 Hooks and dens shall be non-ferrous and shall conform to the design of Figure 3-9.7.1.

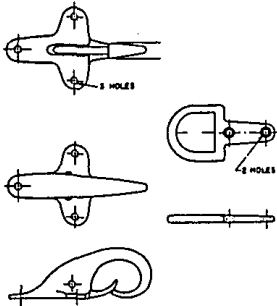


Figure 3-9.7.1 Hook and Den Design Standard: Same as Note

TESTING AND INSPECTION/TEST METHODS

171-9

5-10 Label Requirements.

5-10.1 All labels shall be clearly legible to the eye before and after five cycles of washing and drying in accordance with the procedure specified in Section 3 of AATCC 133, 1-111, B, *Dimensional Changes in Aromatic Fibers: Laundering of Woven and Knit Fabrics*. Labels not meeting specimen size requirements for the procedure listed above shall be sewn to a support fabric of required size.

5-11 Collar Lining Requirements.

5-11.1 Collar lining material shall have a breaking strength of not less than 35 pounds (15.9 kg) when tested in accordance with Method 3100, *Strength and Elongation of Woven Cloth, Crust Method*, of Federal Test Method Standard 191A, *Tensile Test Methods*.

5-11.2 Collar lining may be included in the protective garment collar fabric composite for testing as required in 3.1.1 of this standard.

Chapter 6 Testing and Inspection

6-1 Sampling.

6-1.1 Sampling levels for testing and inspection shall be sufficient to assure that all garments delivered meet all applicable requirements specified in this standard.

6-2 Testing.

6-2.1 Testing for determining compliance with the performance requirements specified in Chapter 3 of this standard shall be performed on samples from each material to be used in construction of the garments to be delivered.

6-2.2 All samples shall be preconditioned in accordance with Section 9, *Atmospheric Conditions for Testing*, of Federal Test Method Standard 191A, *Tensile Test Methods*. Testing shall begin within five minutes after removal from preconditioning.

6-2.3 Test specimens shall be prepared in accordance with the test methods specified in Chapter 3 of this standard as so referenced in the methods documents specified in Chapter 3 of this standard. Referenced test documents shall be modified as follows:

6-2.3.1 Seam strength testing specified in 3.1.2 of this standard shall be performed on test specimens from all configurations utilized in construction of the manufactured garments.

6-2.3.2 Seam wear resistance testing specified in 3.4.5 of this standard shall be performed on test specimens constructed in all configurations utilized in construction of the garments manufactured in accordance with the purchaser's specifications.

6-3 Inspection.

6-3.1 Inspection for determining compliance with the design requirements specified in Chapter 3 of this stan-

dard shall be performed on a garment manufactured in accordance with the purchaser's specifications.

Chapter 3 Test Methods

5-1\* Thermal Protective Performance Test.

5-1.1 All samples to be tested shall be preconditioned first by placement in circulating air oven for not less than four hours at 180°F ± 5°F (82°C ± 3°C), and then conditioned in accordance with Section 4, "Atmospheric Conditions for Testing," of Federal Test Method Standard 191A, *Tensile Test Methods*, with relative humidity of 65 percent ± 5 percent. Samples shall be tested not more than five minutes after removal from conditioning.

5-1.2 Thermal protective performance (TPP) testing shall be performed in accordance with ASTM D 4199, *Thermal Protective Performance of Materials for Clothing, Open Flame Method*, with the following modifications:

5-1.2.1 Specimens shall consist of protective clothing components measuring 6 ± 0.2 in. (152.4 ± 5.1 mm) × 18 in. (457.2 ± 5.1 mm) consisting of outer shell, moisture barrier, and thermal barrier.

5-1.2.2 Apparatus shall consist of specimen holder assembly, specimen holder assembly support, thermal flux source, protective sheater, uranyl assembly, and recorder.

5-1.2.3 Specimen holder assembly shall consist of upper and lower mounting plates. Specimen holder mounting plate shall be 6 ± 0.2 in. × 6 ± 0.2 in. (152.4 ± 5.1 mm × 152.4 ± 5.1 mm) hole. The lower specimen mounting plate shall have cutouts of 4 ± 0.2 in. (101.6 ± 5.1 mm) × 1.6 mm hole. The upper specimen mounting plate shall have cutouts of 5 1/2 ± 1/8 in. (139.7 ± 3.2 mm) × 1.6 mm hole. The lower specimen mounting plate shall have a 1 1/2 ± 1/8 in. (38.1 ± 3.2 mm) hole. The upper specimen mounting plate shall have a corresponding hole in each corner so that the upper specimen mounting plate fits over the lower specimen mounting plate.

5-1.2.4 Specimen holder assembly support shall consist of a steel frame that rigidly holds and positions in a reproducible manner the specimen holder assembly and specimen relative to the thermal flux. Specimen holder assembly support shall be securely clamped at the edges such that specimen shrinkage is prevented. Specimen shall consist of 5 1/2 ± 1/8 in. (139.7 ± 3.2 mm) × 18 in. (457.2 mm) heat resistant blank (not used without binding into hole of upper specimen mounting plate) and shall be uniformly weighted such that complete uranyl assembly including upper calorimeter, weight 1000 ± 10 grams (22 lb ± 0.022 lb).

5-1.2.5 Thermal flux source shall consist of a convective thermal flux source and a radiant thermal flux source.



1971-10

## PROTECTIVE CLOTHING FOR STRUCTURAL FIRE PROTECTION

The convective thermal flux source shall consist of two heaters or fabric burners affixed beneath the specimen holder assembly apparatus, and indicated at a nominal 45 degree angle from the vertical so that the flames converge at a point immediately beneath the specimen. The radiant thermal flux source shall consist of two quartz infrared tubes affixed beneath and covered between the burners.

5-1.2.6 A protective chamber shall be placed between the thermal flux source and the specimen. The protective chamber shall be capable of completely dampening thermal load from thermal flux source for the time periods before and after specimen exposure. The protective chamber shall be controlled by means of an automatic timer with a resolution of not less than 0.10 second.

5-1.2.7 Specimens shall be exposed to a thermal flux of  $2.0 \pm 0.1$  cal/cm<sup>2</sup> as measured with the copper calorimeter. The copper calorimeter shall be the only heat source used in testing the 5 cal/cm<sup>2</sup> test exposure condition. The total heat flux shall be calculated directly from the temperature response of the copper calorimeter and calorimeter constants. Other heat sensing devices shall not be used in reference to adjust the heat flux read by the copper calorimeter. The 2.0 cal/cm<sup>2</sup> test exposure shall be decreased directly and only from the voltage output of the thermocouples, using the measured temperature rise of the copper calorimeter, the area and mass of the calorimeter, and the heat capacity of copper to calculate the incoming heat flux. The radiant load shall be an on 10 cal/cm<sup>2</sup> as measured using a calibrated commercial radiometer.

5-1.2.8 The specimen assembly shall be fitted into the enclosure on the top plate of the specimen holder and be in contact with the surface of the thermal burner assembly facing the heater.

5-1.2.9 If the individual results vary more than 5 percent from the average result, the result shall be discarded and another specimen shall be tested.

5-1.2.10 The individual test results of each specimen shall be reported. The average value for each sample and the one full result shall also be reported.

## 5-1.3 Thermal Shockage Resistance Test

5-1.3.1 Thermal shockage resistance testing shall be conducted on three specimens at each fabric, and each fabric shall be tested separately.

5-1.3.2 All specimens to be tested shall be conditioned in accordance with Section 6, *Atmospheric Conditions for Testing, of Federal Test Method Standard 191A, Textile Test Methods*, at a relative humidity of 65 percent, a 5 percent specimen shall be tested two hours less than five minutes after removal from conditioning.

5-1.3.3 Each specimen shall be  $15 \pm 0.3$  in (381  $\pm$  7.62 mm) and shall be cut from the fabric lot to be utilized in the construction of the protective garment.

5-1.3.4 Specimen marking and measurements shall be conducted in accordance with the procedure specified in

## AATCC Test Method 155, 1, 111, B, Dimensional Change in Resistance After Laundering of Woven and Knit Fabrics.

5-1.3.5 The forced circulating air oven shall be warm and maintain an air temperature of  $500 \pm 10$  °F ( $260 \pm 5$  °C) for a period of not less than five minutes. Oven recovery time after door is closed shall not exceed one minute.

5-1.3.6 The specimen shall be suspended by two metal hooks near each top corner with a  $12 \pm 0.5$  in (305  $\pm$  12.7 mm) separation between hooks. The center specimen shall be exposed to the circulating air so that it is not less than 3 in (76.2 mm) from any oven surface or other specimen, and airflow is parallel to the plane of the material.

5-1.3.7 Specimens measured as specified in 5.6 of this section, shall be placed in the circulating air oven for a 0.15-0.20 minute. Specimen exposure time shall begin when oven has recovered to an air temperature of  $500 \pm 10$  °F ( $260 \pm 5$  °C).

5-1.3.8 Results shall be reported as the average of all three specimens.

## 5-1.4 Heat, Chert, and Ignition Resistance Test

5-1.4.1 The fabric specimen to be tested shall be conditioned in accordance with Section 6, *Atmospheric Conditions for Testing, of Federal Test Method Standard 191A, Textile Test Methods*, at a relative humidity of 65 percent, a 5 percent, specimens shall be tested not more than five minutes after removal from conditioning.

5-1.4.2 Specimen length shall be 6 in (152.4 mm) except for vertical testing in the garment in which the length is 115.7 (4 mm), where length shall be the same as utilized in garment. Specimen width shall be 6 in (152.4 mm), except for vertical testing in garment in which the width less than 6 in (152.4 mm) where width shall be the same utilized in garment. Specimens shall be suspended on oven utilizing metal clips.

5-1.4.3 Oven testing of worn test materials shall be done on a specimen consisting of two 7.6 in (193  $\pm$  1.91 mm) pieces of monoslayer barrier fabric, united in garment worn together and with arm wearing material applied.

5-1.4.4 The forced circulating air oven shall be warm and maintain an air temperature of  $500 \pm 10$  °F ( $260 \pm 5$  °C) for a period of not less than five minutes. Oven recovery time after door is closed shall not exceed one minute.

5-1.4.5 The fabric specimen shall be suspended by metal hooks at the top and centered in the oven so that the test specimen is not less than 3 in (76.2 mm) from the oven surface and airflow is parallel to the plane of the material.

5-1.4.6 Hardware and accessory material specimens shall be suspended as described in reference to the oven so that they are not less than 3 in (76.2 mm) from any

oven surface or other specimen and are exposed to the circulating air.

5-1.4.7 Specimens, mounted as specified in 5.6 of this section, shall be placed in the circulating air oven for a 0.15-0.20 minute. Specimen exposure time shall begin when oven has recovered to an air temperature of  $500 \pm 10$  °F ( $260 \pm 5$  °C).

5-1.4.8 Results shall be reported as pass or fail.

## 5-1.5 Tear Resistance Testing

5-1.5.1 The specimen shall be  $3 \times 6$  in (76.2  $\times$  152.4 mm) rectangle. The long dimension shall be parallel to the warp for warp tests and parallel to the filling for filling tests. No test specimens for warp area shall contain the same warp yarn, nor shall any two specimens for filling tests contain the same filling yarn. The specimen shall be taken so near the center than one third of the width of the cloth. An unclothed strip having an thickness of 3 in (76.2 mm) and having 1 and 6 in (25.4 and 151.8 mm) in length, respectively, shall be marked on each specimen, with the aid of a template. Each 1 in (25.4 mm) in length shall then be made in the center of a line perpendicular to the 6 in (152.4 mm) edge.

5-1.5.2 Apparatus shall consist of a retaining mechanism, one clamp for holding specimens and load and clamping recording mechanism, wherein the specimen is held between two clamps and actuated by a uniform movement of the pulling clamp.

5-1.5.3 Retaining mechanism shall be of such capacity that the maximum load required to break the specimen shall be not greater than 85 percent or less than 15 percent of the manufacturer's rated capacity.

5-1.5.4 Clamps shall be designed such that the maximum (100 percent) weight are distributed evenly across the complete width of the sample. The clamps shall have two jaws on each clamp. The design of the clamps shall be such that one gripping surface or jaw may be an integral part of the rigid frame of the clamp or be fastened to allow a slight relative movement, while the other gripping surface or jaw shall be completely movable. The dimension of the movable jaw of each test specimen shall be the application of the load shall measure 1 in (25.4 mm), and the dimension of the jaw perpendicular to this direction shall measure 3 in (76.2 mm) or more. The face of the movable jaw of each clamp shall measure 1 in  $\times$  3 in (25.4  $\times$  76.2 mm). Each jaw face shall have a flat, smooth gripping surface. All edges that might cause a cutting action shall be rounded on a radius of not more than  $\frac{1}{16}$  in (1.6 mm). In cases where a cloth tends to slip when being tested, the jaws shall be faced with rubber or other material to prevent slippage. The distance between the jaws shall be 1 in (25.4 mm) at the start of the test.

5-1.5.5 Recorder shall consist of calibrated dial, scale, or chart used to indicate applied load and elongation. It shall not exceed 5 percent up to and including a 10 pound (4.5 kg) load and a 100 percent up to and including a 50 pound (22.7 kg) load or any reading within loading range. All machine attachments for determining maximum loads shall be clamping of during test.

REFERENCES

PUBLICATIONS

5-1.5.6 The specimen shall be clamped along the non-perturbed sides of the specimen so that these sides lie along the lower edge of the upper clamp and the upper edge of the lower clamp with the cut halfway between the clamps. The short specimen shall be held taut and the long prepared base shall lie in the folds. The strain mechanism shall be started and the force necessary to tear the cloth shall be obtained by means of the recording device. Five specimens in each of the warp and filling directions shall be tested from each sample used. If a specimen slips between the jaws, breaks in or at the edges of the jaws, or, if for any reason attributable to facility technique, an individual measurement falls markedly below the average test results for the sample used, such tests shall be discarded and another specimen shall be tested.

5-1.5.7 The average test results shall be the average of the five highest load levels of maximum registered for inches of separation of the test. The tear strength shall be reported in the nearest 0.1 lb (0.45 g).

## 5-1.6 Resiliency-Flux Test

5-1.6.1 Tests to meet cylinder requirements of this standard shall be tested for resiliency properties in accordance with ASTM E 809, *Standard Practice for Measuring Photometric Characteristics of Retroreflectors*, with a test distance of 50 ft (15.2 m), observation angle of 0.2 degree, entrance angle of 0.8 degree, and a photoreceptor angular aperture and source angular aperture of 0.6 degree. Pressure test specimen shall be a circle with a diameter of 3 in (76.2 mm). Resiliency-Flux reference angle shall be 60 degrees. Data on each shall be plotted as specified by the firm manufacturer. The trim test sample shall consist of a 11  $\times$  12 in (279  $\times$  305 mm) piece made up of multiple strips of trim.

5-1.6.2 Coefficient of luminance increase (CLI) for trim shall be calculated using the following equation where  $C_{ref}$  is Coefficient of resiliency-Flux (CLI) is measured in accordance with 5.5.1.

$$CLI = CPL \times \left( \frac{\text{Trim area in sq ft of trim utilized on garment}}{\text{Trim area in sq ft of trim utilized on garment}} \right)$$

## Chapter 6 Referenced Publications

6-1. The following documents as portions thereof are referenced within this standard and shall be considered part of the requirements of the documents. The edition indicated shall be each reference to the current edition as in the date of the NFPA issuance of this document.

## 6-1.1 AATCC Publications

Technical Manual of the American Association of Textile Chemists and Colorists, Volume 39, 1981.

AATCC 155, 1, 111, B, Dimensional Change in Resistance After Laundering of Woven and Knit Fabrics, 1978.



AATCC Test Method 162, *Colorfastness to Light*, *Water-Soaked X-ray Arc Lamp, Commercial Lab.*, 1967.

6.1.2<sup>o</sup> ASTM Publications.  
*Annual Book of ASTM Standards*, Volume 07.01 Textiles - Yarns, Fabrics, General Test Methods, 1983  
*Annual Book of ASTM Standards*, Volume 07.02 Textiles - Fibers, Yarns, 1983

*Annual Book of ASTM Standards*, Volume 08.05 Metallic and Organic Coatings, Metal Powders, Sintered P/M Structural Parts, 1984

ASTM D 183, *Standard Test Method for Failure in Tensile Section of Nylon Fabric*, 1981

ASTM E 809, *Standard Practice for Measuring Photoacoustic Characteristics of Reflectors*, 1991

ASTM E 117, *Lab Spray (Fog) Testing*, 1979

ASTM D 4186, *Thermal Protection Performance of Materials for Clothing by Open Flame Method*, 1982

6.1.3<sup>o</sup> CSA Publications.

Federal Specification FED-V-F-104D *Fastener, In*

*Interlocking, Side*, Jan 15, 1976

Federal Specification FF-V-515D, *Rivet, Small, Small*

*Rivet, Small, Small, Rivet, Tabular, Small, Rivet and*

*Caps, Rivet, General Purpose*, July 17, 1981

Federal Test Method Standard 331A, *Textile Test*

*Methods*, July 10, 1973

6.1.4<sup>o</sup> Navy Publications.

MS E7960D, *Fastener, Snap*, Sept 24, 1981

MIL-F-1360, *Fastener Tapes, Hook and Pile, Synthetic*, Sept 20, 1981

6.1.5<sup>o</sup> NFPA Publications.

NFPA 1975, *Standard on Station/Work Uniforms for*

*Fire Fighters*, 1983 Edition

#### Appendix A

The Appendix is part of the requirements of the NFPA documents that are included for reference purposes only.

A-1.1 Organizational responsibility for specified time limits including utilization for fighting hazardous materials response, and crash fire/ rescue should use protective clothing and equipment specifically designed for those activities

A-1.2 This standard is not designed to be utilized as a purchase specification. It is prepared as an appendix in terms of required performance. Detailed protective design of garments. Purchasers should specify detailed performance requirements for protection from puncture, etc. Tests specified in this appendix should be deemed as defining or establishing performance levels for protection from all structural fire fighting environments.

A-1.3 Approved. The National Fire Protection Association does not approve, inspect or certify any installations, procedures, equipment, or materials unless it appears or endorses (after testing laboratories). In determining the acceptability of installations or procedures, equipment or materials, the following listing procedure may be acceptable for compliance with NFPA as other appropriate standards. In the absence of such standards, said authors may require evidence of proper installation, procedure or use. The authors having jurisdiction may also refer to the listings or labeling practices of an organization recognized with product evaluations which is in a position to determine compliance with appropriate standards for the current production of listed items.

A-1.3.1 *Molauve Barrier*. The term "Molauve Barrier" utilized in previous editions of NFPA 1931 has been changed to "Molauve Barrier" to represent more accurately the test methods. Federal Standard Test Method 191 5312 and Federal Standard Test Method 191 5319, specified in this standard. Purchasers wishing to specify additional requirements for vapor resistance should contact fabric suppliers for assistance with establishing specifications. Molauve barriers may not prevent the passage of chemical, biological, or radiological agents through the garment; such incidents should be handled with appropriate chemical protective clothing and procedures.

A-1.3.2 Purchasers should maintain protective clothing only in accordance with manufacturer's instructions. Maintenance should include regular inspection, proper repair and retirement when appropriate. Protective clothing that is retired should be destroyed.

A-1.3.3 Purchasers of protective clothing should realize that fire fighters must wear means of protective clothing that requires a minimum interference to the normal use of equipment in fire fighting operations or in safe situations. Chest girth, sleeve length, and waist length should be required to be adjusted for protection. Torso length and chest size should be required for protection. Torso length should be required for protection. Torso length should be required for protection. Torso length should be required for protection.

A-1.3.4 Purchasers may wish to specify additional reinforcement or padding in high wear or load bearing areas such as pockets, collars, knees, elbows, and shoulders. Padding could include additional thermal barrier material meeting requirements of specified herein. Reinforcing material could include outer shell material or leather. Purchasers are cautioned this additional weight issued by exterior reinforcement or padding could lead to fatigue or result in injury.

A-1.3.5 Fastener system should be specified by the purchaser. Fastener system methods can include but are not limited to) stitching the thermal barrier and molauve barrier together, stitching the thermal barrier and molauve barrier together with snap and pole fasteners secured

the remainder; securely stitching the thermal barrier and molauve barrier to the outer shell; directly securing the thermal barrier and molauve barrier to a component part of the outer shell with any fasteners or fastener type; or sewing the thermal barrier and vapor barrier to the outer shell.

A-2.1.5 Purchaser should consider water resistance testing of worn between coat body and collar in accordance with 1.1.3

A-2.1.6 Purchaser should specify pocket large enough to carry tools and items normally carried. Placement should allow for stress in the pockets while wearing SCBA. Specifying belted pockets will decrease legibility, but could interfere with maneuverability. Belting only the back edge could minimize the maneuverability problem. Drawn pockets could be desired as well as pockets for specific arms such as SCBA interceptors and radon.

A-2.1.6.2 Protective clothing should be kept clean. Firefighter uniforms will be retained if fabric is contaminated with flammable materials such as soap or oil. The special clean involving hard to remove soil, the garment manufacturer should be contacted for special instructions. Determination may not be possible when protective clothing is contaminated with chemical, radiological or biological agents and garments should be discarded in accordance with appropriate disposal procedures.

A-2.2.1 A protective ensemble consisting of both protective coat and protective trousers should be utilized for structural fire fighting in order to assure better protection for the fire fighter's torso and limbs. An overlap of not less than 8 in (203.2 mm) of coat and trousers should be specified to assure better protection.

A-2.2.2 Purchaser should consider specifying whether such a thumb hole or barrier hole should be specified for wetters' thumb in order to assure protection when arms are in raised position.

A-2.2.3 A possible configuration for trim on coats or trousers, in addition to the minimum requirements specified herein is two 25 in (635 mm) vertical stripes on the coat, both intersecting the circumferential opening (forming a "U") and a 50 in (1270 mm) vertical stripe around the trouser trim.

A-2.2.4 Protective ensemble consisting of both protective coat and protective trousers should be specified for structural fire fighting in order to assure better protection for the fire fighter's torso and limbs. An overlap of not less than 8 in (203.2 mm) of coat and trousers should be specified to assure adequate protection. Utilizing 4-1/2 length boots under protective trousers will significantly reduce leg length between trousers.

A-2.2.5 Purchaser specifying garments with raised outer shell should investigate the following additional test methods for establishing purchasing requirements. Method 5110, *Adhesion of Coatings*. Method 5111, *Water Resistance*.

Method 5116, *Soam Water Absorbency*

Method 1066, *Taker Abrasion*

All Methods of Federal Test Method Standard.

A-2.3.1 Protective clothing should have a maximum lightness in color of one less than bluestet-1 after 7 for CIC

envelope "C" when tested in accordance with ASTM D 1535

or ASTM E 509 (this includes white, yellow, and yellow-green).

Light colors used exclusively, serve to reduce thermal loading from sunlight, and are easier to inspect for contamination with flammable materials such as soap or oil. For radiant heat protection from fire, color has a relatively small effect, but wetting or soiling decrease such effect. Only specialized reflective fabric will offer distinct improvements in radiant heat protection and then only when used on the outside of the outer shell.

A-2.3.1.1 Purchaser should consider including in specifications requirements for hook and pile fastener service life for dry and wet operations and thermal stability including shrinkage, melt, chafe, and dry requirements when listed in accordance with 1.2.2 and 1.2.3 of the text of this standard.

A-2.1 The requirements in Section 5.1 are not intended to establish the limiting working environment for fire fighting but are for establishing material performance requirements. If source liners are included in purchase specifications, they should not be included in the test comparison when this test is performed.

A-2.2 The requirements in Section 5.2 and 5.3 are not intended to establish the limiting working environment for fire fighting but are for establishing material performance requirements.

A-2.3 See A.2

A-2.4.1 AATCC publications can be obtained from American Association of Textile Chemists and Colorists, P.O. Box 12513, Research Triangle Park, NC 27709.

A-2.4.2 ASTM publications can be obtained from American Society for Testing Materials (ASTM) 1916

Racine Street, Philadelphia, PA 19103

A-2.4.3 CSA Publications can be obtained from Canadian Standards Association, Specifications Activity, 5000

Forest Hill, Scarborough, Ontario, Canada M1V 1B7

A-2.4.4 Navy publications can be obtained from Navy Publications and Forms Center, 5801 Tabor Avenue,

Philadelphia, PA 19120







1972-1

1987 NFPA All Rights Reserved

NFPA 1972

Standard on

Helmets for Structural Fire Fighting

1987 Edition

This edition of NFPA 1972, *Standard on Helmets for Structural Fire Fighting*, was prepared by the Technical Committee on Protective Equipment for Fire Fighters and voted on by the National Fire Protection Association, Inc., at its Annual Meeting held May 18-21, 1987 in Cincinnati, Ohio. It was issued by the Standards Council on June 16, 1987, with an effective date of June 30, 1987, and supersedes all previous editions.

The 1987 edition of this standard has been approved by the American National Standards Institute.

Changes other than editorial are indicated by a vertical line in the margin of the pages on which they appear. These lines are included as an aid to the user in identifying changes from the previous edition.

#### Origin and Development of NFPA 1972

This standard was developed jointly by the NFPA Subcommittee on Fire Fighters Head Protection and the ANSI Subcommittee on Fire Fighters Helmets and submitted to the NFPA Technical Committee on Protective Equipment for Fire Fighters. The standard is based in part on a report entitled, *Model Performance Criteria for Structural Fire Fighters' Helmets*, which was prepared by the United States Fire Administration and submitted to the NFPA Technical Committee on Protective Equipment for Fire Fighters for consideration by its joint subcommittees. The standard provides performance requirements for protection and functional features that are needed for helmets used by fire fighters engaged in structural fire fighting.

The first edition was issued on June 11, 1955. The Technical Committee on Protective Equipment for Fire Fighters completed partial revisions to the standard in November 1964 and May, 1967.

GENERAL

1972-3

**Retention System.** The complete assembly by which the helmet is retained in position on the head.

**Retrospective Markings.** A material that reflects and returns a relatively high proportion of light in a direction closer to the direction from which it came.

**Shell.** Indicates a mandatory requirement.

**Shell.** The outermost part of the helmet.

**Should.** This term as used in Appendix A indicates a recommendation or that which is advised but not required.

**Suspension.** An energy absorbing system made up of headband and crown strip.

**Sweatband.** That part of a headband either merged or attached that comes in contact with the wearer's forehead.

**Top.** The intersection between the mid sagittal plane and the latissium contour are extended in the helmet surface.

#### Chapter 2 General

##### 2.1\* General Provisions.

2.1.1 Helmet for structural fire fighting shall mean that consist of a shell, an energy absorbing system, a retention system, reflective markings, ear covers, and faceshield.

2.1.2 Manufacturer shall employ adequate quality assurance measures to guarantee that helmets manufactured to this standard meet the requirements of Section 4.5, Performance Requirements of this standard.

2.1.3 Helmet designed to meet this standard shall be tested to all performance criteria as specified in Section 4.4, Verification Testing of this standard. All verification testing shall be performed by an independent testing laboratory.

2.1.4 The manufacturer shall provide certification data from an independent testing laboratory as required in 2.1.3 of this section to subcontract the product prior to manufacture.

2.1.5 Reference to this standard in labeling affixed to helmets shall only be made on helmets that satisfy all the requirements specified in this standard and that have been tested as specified in 2.1.3 of this section.

##### 2.4 Marking and Identification.

2.4.1 Each helmet shall be durable and legibly marked in a manner such that the markings can be easily read without removing any permanent labels. Each marking shall include the following information:

- (a) Name or Designation of Manufacturer

- (b) Model Number or Design
- (c) Month and Year of Manufacture (encoded)
- (d) Lot Number
- (e) Nominal Weight of Helmet
- (f) Recommended Cleaning Procedure
- (g) Helmet Size or Size Range

2.4.2\* The manufacturer shall provide informational advisory material with each helmet, including instructions for cleaning, painting, marking, storage, and frequency and details of inspection.

2.4.3 Each helmet shall be durable and legibly marked with the following warning in at least 1/8 inch (1.6 mm) high letters:

"WARNING

THIS HELMET MUST BE PROPERLY ADJUSTED AND SECURED TO THE HEAD WITH ALL COMPONENTS IN PLACE IN ORDER TO PROVIDE DESIGNED PROTECTION.

Do not modify or replace any component of this helmet, including the shell, energy absorbing system, retention system, reflective markings, ear covers, or faceshield with component or accessories other than those approved by the manufacturer. Any such modification or replacement voids compliance with NFPA 1972. Failure to comply with these instructions may result in serious injury or death."

2.4.4 A warning label with letters at least 3/8 inch (9.5 mm) in 1/8 inch shall be attached to the faceshield that warns the user that the faceshield may not provide sufficient eye protection and additional protection may be required. A reference to ANSI Z87.1 shall be included in the label.

##### 2.5\* Configuration.

2.5.1 Each helmet shall provide peripheral vision clearance of at least 120 degrees in each side of the mid sagittal plane as shown in Figure 2.5.1.

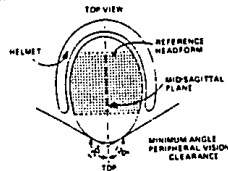


Figure 2.5.1 Peripheral Vision

1972-3



TESTING

1972-3

Figure 4-2.1.1.1 Data for General Drawing of 1514 Headlamp  
(All Dimensions in mm)

Nominal Fluor.	Distance from Drops/Fluor.	Type of Stray															
		0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°				
0.0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.1	90	273	253	227	203	20	263	31	21	26	79	263	66				
2.2	90	293	269	249	243	413	413	473	50	31	31	543					
3.3	90	313	34	313	303	30	313	313	37	463	64	463					
4.4	90	323	83	409	50	31	513	403	413	67	79	287	327				
5.5	90	723	74	713	603	453	443	453	46	77	73	79	80	81			
6.6	90	82	87	793	72	719	649	563	71	713	617	617	673	67			
7.7	90	613	87	643	79	74	713	71	71	609	638	604	61	621			
8.8	90	807	263	873	613	733	719	713	76	827	807	813	813	95			
9.9	90	749	94	763	633	71	713	62	776	84	61	613	676	663			
Chassis Plane 10.0	0	613	663	616	666	713	713	72	79	81	673	663	668	669			
11.1	90	663	663	636	646	713	713	72	79	783	66	66	66	66			
12.12	90	663	663	636	646	713	713	79	613	79	31	31	32	84			
13.13	90	663	663	636	646	713	713	66	56	173	66	66	66	72			
14.14	90	663	663	636	646	713	713	66	56	46	46	46	46	66			
15.15	100	663	663	636	646	713	713	66	32	46	46	46	46	66			
16.16	110	663	663	663	663	663	663	663	663	663	663	663	663	663			
17.17	120	663	663	663	663	663	663	663	663	663	663	663	663	663			

NOTE: All dimensions in mm

Figure 4-2.1.1.2

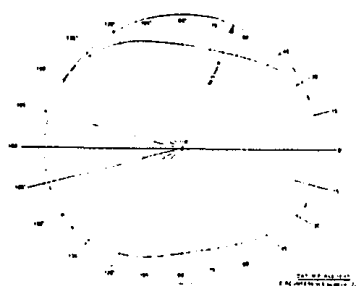


Figure 4-2.1.1.3

TESTING

1972-13

## 4-2.2.5 Test Procedures.

4-2.2.5.1 Warm-Up: Prior to testing the instrument, the test shall be allowed to warm up until stability is achieved.

4-2.2.5.2 Ambient Conditions: Throughout calibration, verification, and testing, the ambient temperature shall be 50 ± 0.5°C (122 ± 0.9°F) and the relative humidity shall be 50 ± 10 percent.

4-2.2.5.3 Helmet Positioning: A randomized helmet shall be positioned on the headform with the horizontal center plane of the helmet parallel within 3 degrees of the reference plane of the headform and shall be oriented in the drop assembly, by an operator, so as to maintain the same position during the test. No part of the helmet shall be in contact with the test system, and no part of the test system shall contact the helmet shell either as mounted or during an impact test.

4-2.2.5.4 Testing: The drop assembly with a helmet attached shall be dropped from a height that yields an impact velocity within ± 3 percent of 4.0 m/sec (119 ± 1 ft/sec). A means of avoiding the impact velocity within ± 3 percent for each impact shall be incorporated in the test system. The acceleration time duration shall be 100 ms. Each helmet shall be environmentally conditioned prior to each impact and shall be impacted on each of the five impact areas identified in Figure 4-2.1.2.

4-2.5 Penetration Resistance Testing: Sample helmets shall be conditioned for each environmental condition indicated in Section 4.1. Environmental conditions for testing, except 2.1.3, shall be in each position. Each helmet shall be penetration tested according to the following procedure:

## 4-2.5.1 Test Equipment:

4-2.5.1.1 Test Headform: The size 31, test headform shall be the nominal dimensions as shown in Figure 4-2.1.1 in Figure 4-1.1. Above the test line it shall have an electrically conductive surface that is electrically connected to the contact indicator.

4-2.5.1.2 Penetration Strike: The penetration strike shall have a mass of 1 kg (2.2) ± 12.5 lb (5.7). The point of the strike shall be at a center with an included angle of 60 ± 0.5 degrees, a height of 58 mm ± 3 mm and a tip radius of 0.3 ± 0.1 mm (0.012 ± 0.004 in.). The hard end of the striking tip shall be Rockwell Scale C, 60 mm/min. The penetration strike shall be electrically connected to the contact indicator.

4-2.5.1.3 Contact Indicator: The contact indicator shall indicate when electrical contact has been made between the penetration strike and the conductive surface of the test headform. The contact indicator shall have a response time of less than 1 millisecond.

## 4-2.5.2 Test Procedures:

4-2.5.2.1 Ambient Conditions: The ambient temperature shall be 50 ± 0.5°C (122 ± 0.9°F) and the relative humidity shall be 50 ± 10 percent.

4-2.5.2.2 Helmet Positioning: The environmentally conditioned helmet shall be placed on the rigidly mounted test headform and secured by the helmet retention system or by other means which will not interfere with the test. The helmet shall be positioned so that the penetration strike shall impact perpendicular to the helmet anywhere above the test line. The impact site shall be at least 75 mm (3.0 in.) from the corner of a previous penetration or impact site.

4-2.5.2.3 Testing: The drop height of the penetration strike shall be adjusted so that the velocity at impact was 4.0 m/sec (13.1 ft/sec) ± 0.5 ft/sec. A total of two 7.0 ± 0.1 m/sec (23.0 ± 0.3 ft/sec). A total of four environmental conditions specified in Section 4.1 of this chapter shall be conducted on each helmet (that is, at least one penetration test shall be performed on each of the test areas defined in Figure 4-2.1.2). The helmet shall be environmentally conditioned prior to each penetration test. A minimum of two penetration tests shall be applied at different test areas on each helmet.

## 4-2.6 Flame Resistance Testing:

## 4-2.6.1 Test Case:

4-2.6.1.1 Sample helmet shall be positioned on the headform with the horizontal center plane parallel within 3 degrees of the reference plane with the forehead in the stated position and tested as shown in Figure 4-2.1.1.

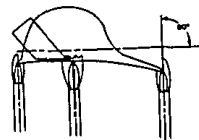


Figure 4-2.6.1

4-2.6.1.2 The tip of the inner cone of a Bunsen burner flame of 25.38 mm (1.0 in.) in length shall be placed at the upper edge of the helmet shell at the front, left and right. When a helmet hanger is provided, the test flame shall be applied off the edge of the helmet hanger at the shell edge.

The Bunsen burner shall be fueled by a bottled methane gas (40 grade in bottles at 1500 ± 50 PSI per cubic ft). A control valve meters such a delivery rate based on leakage gas in the burner under a pressure of 0.5 ± 0.1 ft/sec as the burner shall be ignited. The height of the burner flame shall be 37 ± 3 mm (1.5 ± 0.1 in.) in diameter. A flame operator shall not be used.

4-2.6.2





1973-1

CONTENTS

1973-3

© 1982 NFPA. All Rights Reserved  
 NFPA 1973  
 Standard on  
 Gloves for Structural Fire Fighting  
 1988 Edition

This edition of NFPA 1973, *Standard on Gloves for Structural Fire Fighting*, was prepared by the Technical Committee on Fire Service Protective Clothing and Equipment, and voted on by the National Fire Protection Association, Inc. 81st Annual Meeting held May 16-18, 1988, in Los Angeles, California. It was issued by the Standards Council on July 15, 1988, with an effective date of August 8, 1988, and supersedes all previous editions.

The 1988 edition of this document has been approved by the American National Standards Institute.

Origin and Development of NFPA 1973

The Technical Committee on Protective Equipment for Fire Fighters began work on this standard in 1980 in answer to the request of the fire service to establish requirements for fire fighter's gloves. Work was completed in the Spring of 1982 and submitted to the NFPA for official adoption. The Committee used, to a large extent, information and tests developed by the Arthur D. Little Corporation of Cambridge, Massachusetts for the National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH). The fire resistant glove was prepared at the 1983 Annual Meeting in Kansas City, Missouri and released on June 9, 1983. This second edition was prepared by the Subcommittee on Gloves during 1986 and 1987.

NOTICE

Following removal of this edition of NFPA 1973, *Standard on Protective Gloves for Fire Fighters*, an approval was filed with the NFPA Board of Directors.

The approval requires that Sections 2.1.5 and 3.4.4 through 3.4.17, which remain a minimum protective gear requirement and are unamendable and required for approval. NFPA will announce the disposition of the approval when it has been determined. Approval requests to review unamendable and the disposition of the approval should direct to: Technical Services, Standards Council, NFPA, Massachusetts.

<b>Chapter 1 Administration</b> .....	1973- 4
1-1 Scope .....	1973- 4
1-2 Purpose .....	1973- 4
1-3 Definitions .....	1973- 4
1-4 Units .....	1973- 4
<b>Chapter 2 Design, Compliance, and Performance Requirements</b> .....	1973- 4
2-1 Design .....	1973- 4
2-2 Sizing .....	1973- 5
2-3 Compliance and Labeling .....	1973- 5
2-4 Qualification Testing .....	1973- 6
2-5 Performance Requirements .....	1973- 6
<b>Chapter 3 Test Methods</b> .....	1973- 6
3-1 Environmental Conditioning for Testing .....	1973- 6
3-2 Heat Resistance Testing .....	1973- 7
3-3 Flame Resistance Testing .....	1973- 7
3-4 Conductive Heat Resistance Testing .....	1973- 9
3-5 Thermal Protective Performance (TPP) Testing .....	1973- 9
3-6 Water Penetration Testing .....	1973-10
3-7 Cut Resistance Testing .....	1973-11
3-8 Puncture Resistance Testing .....	1973-13
3-9 Abrasion Testing .....	1973-13
3-10 Grip Testing .....	1973-15
<b>Chapter 4 Referenced Publications</b> .....	1973-15
<b>Appendix A</b> .....	1973-15
<b>Index</b> .....	1973-16

3-1.4.1 **Gloves** shall extend out from them 1.0 in. (2.5 cm) above the wrist as shown in Figure 2-1.4, and shall be close fitting at the opening to prevent the entry of embers and other foreign particles.

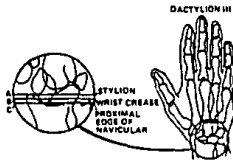


Figure 2-1.4 Anatomical Landmarks at Base of Hand

3-1.5 The glove material that comes in contact with the skin shall be nonirritating.

2-2 Hosing.  
2-2.1 Hand dimensions for selection of proper glove size shall consist of taking two dimensions as shown in Figure 2-2.1: (1) hand circumference, and (2) length of the palm hand.

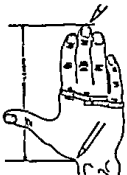


Figure 2-2 Method of Taking Hand Dimensions for Selection of Proper Glove

2-2.1.1 Hand circumference shall be measured by placing the measuring tape on a table or a flat surface with the thumb facing downward. The tapper shall place the right hand, palm down and insert it together in the middle of the tape so that the tape can pass smoothly across the hand just beneath the knuckles (metacarpals). The circumference shall be measured to the nearest eighth of an inch, as shown in Figure 2-2.1.

3-1.1.4 Hand length shall be measured by placing the subject's right hand, palm down, on a piece of paper with the fingers together and the hand and arm in a straight line. The thumb shall be fully abducted, extended away from the palm as far as possible. The paper shall be marked at the tip of the third or middle finger. The pencil shall be placed in the notch at the base of the thumb where the thumb joint the wrist and mark the paper. The straight line distance between the two points shall be measured to the nearest eighth of an inch, as shown in Figure 2-2.1.

3-1.2 **Gloves** shall be available in not less than five (5) separate and distinct sizes. The manufacturer shall provide the purchaser with the hand dimension ranges specified in 2-2.1.3 and 2-2.1.2 for the various for each size provided.

2-2.3 **Glove size** indicated on the label shall be determined by the following:

Labelled size	to fit	Hand Circumference
XS	to	9 in. to 10 in.
S	to	10 in. to 11 in.
M	to	11 in. to 12 in.
L	to	12 in. to 13 in.

2-3 Compliance and Labeling

2-3.1 Manufacturers of protective gloves meeting the requirements of this standard shall provide a written statement that the protective gloves manufactured by that company and provided to the purchaser meet or exceed the requirements of this standard. The manufacturer shall furnish to the purchaser upon request the laboratory data showing individual values upon which the statement is based. Such value-annotating data shall be based on tests performed no more than 24 months prior to the date of release.

2-3.2 Any thresher or dragnet construction, or material which necessitates verification of compliance to all requirements of this standard elected by such change. This testing shall be conducted before labeling the modified glove is borne in compliance with NFPA 1971. Labeled as *Glove for Structural Fire Fighting*.

2-3.3 **Glove gloves** must meet all requirements of this standard shall be labeled according to the provisions of this section.

2-3.3.1 In order in label or wherever appears that a glove meets the requirements of this standard, the manufacturer shall provide shoves that meet the requirements of this standard in all sizes specified in 2-2.1 of this chapter.

2-3.6 The glove manufacturer shall provide with each pair of gloves instructions for cleaning, mechanical damage, frequency and details of inspection, maintenance criteria for removal from service, and other information with treated in glove specifications.

2-3.5 Labels.

2-3.5.1 One or more labels shall be permanently attached to each glove requiring that the glove meets the

3-1.2 Dry Conditioning.

3-1.2.1 Sample gloves and specimens shall be conditioned at a temperature of 70°F ± 5°F (21°C ± 3°C) and at a relative humidity of 65 percent ± 3 percent for at least 74 hours.

3-1.2.2 Sample gloves and specimens shall be tested within five (5) minutes after removal from conditioning.

3-1.3 Wet Conditioning.

3-1.3.1 Sample specimens used in Section 3-4, "Conductive Heat Resistance Testing," and Section 3-5, "Thermal Protective Performance," shall be conditioned by completely immersing in water at a temperature of 70°F ± 3°F (21°C ± 3°C) for two (2) minutes.

3-1.3.1.1 Sample specimens shall be removed from water, hung in a vertical position for five (5) minutes, laid horizontal with white AATCC tensile blotting paper as specified in AATCC 70, Test Method, Water Repellency-Tumble Jar Dynamic Absorption Test, both under and over the specimen, under a weight of 94 gm for a period of twenty (20) minutes. Sample specimens shall be tested within five (5) minutes of conditioning.

3-1.3.2 Sample gloves used in Section 3-7, "Cut Resistance Testing," Section 3-8, "Puncture Resistance Testing," Section 3-9, "Tear/Tensile," and Section 3-10, "Grip Testing," shall be conditioned by completely immersing in water at a temperature of 70°F ± 3°F (21°C ± 3°C) for fifteen (15) minutes. Sample gloves shall be tested within five (5) minutes after removal from conditioning.

3-2 Heat Resistance Testing.

3-2.1 Sample gloves, including label, shall be preconditioned as specified in 3-1.1 of this chapter and then shall be conditioned for dry condition as specified in 3-1.2 of this chapter.

3-2.2 The forced circulating air oven shall achieve and maintain an air temperature of 500°F ± 10°F - 0°F (260°C ± 5°C - 0°C) for a period of not less than five (5) minutes. Oven recovery time after door is closed shall not exceed one minute.

3-2.3 The sample glove shall be suspended by metal hook(s) at the top and centered at the area in that the entire glove is not less than 2 in. (10.4 cm) from any oven surface, at either specimen, and surface is parallel to the plane of the material.

3-2.4 The sample glove, mounted as specified, shall be placed in the circulating air oven for 3 minutes - 0.15 - 0 minutes. Glove exposure time shall begin when oven has recovered to an air temperature of 500°F ± 10°F - 0°F (260°C ± 5°C - 0°C).

3-2.5 After the specified exposure the sample glove shall be removed and shall be examined to ascertain any adverse effects of the heat exposure to determine pass/fail.

3-3 Flame Resistance Testing.

3-3.1 Sample specimens shall be preconditioned as

specified in 3-1.1 of this chapter and then shall be conditioned for dry conditions as specified in 3-1.2 of this chapter.

3-3.2 Each sample specimen to be tested shall be a rectangle at least 2 in. (5.1 cm) wide by 8 in. (19.3 cm) long.

3-3.3 Sample specimens shall consist of each single layer or the composite used in actual glove construction, including wristlets, with all layers being held in proper order. In so doing, the specimen's normal outer surface shall be exposed to the flame.

3-3.4 Three sample specimens shall be tested for each material.

3-3.5 If a proposed glove construction has stitched-through seams, three additional sample specimens containing these seams shall be tested. The seams shall be in the direction of the 8 in. (19.3 cm) dimension.

3-3.6 The flame resistance test apparatus shall consist of a cabinet fabricated in accordance with the requirements of Figure 3-3.6A, Section 4.1, Test Method Flame Resistance of Cloth, Vertical, of Federal Test Method Standard 191A, *Tensile Test Method*, and Figure 3-3.6 of this section.

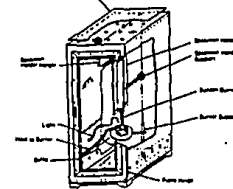


Figure 3-3.6 Vertical Flame Resistance Test Apparatus.

3-3.7 The cabinet shall include a high-temperature, pressure-type T-fube burner, as specified in Section 4.1, Test Method 3503, Flame Resistance of Material, High Heat Flux Flame Contact, of Federal Test Method Standard 191A, *Tensile Test Method*.

3-3.8 A pilot flame shall be used to ignite the burner flame. A tube to position the pilot flame adjacent to the burner edge shall be provided as shown in Figure 3-3.6 of this section. The tube shall have a diameter of approximately 1/8 in. (0.2 cm) and shall be spaced in (0.5 in.) (1.3 cm) in length.

3-3.9 The fuel gas connection and associated plumbing shall be as specified in Section 4.7, Test Method 3502,

chard area 14 in. (6 mm) from the adjacent outside edge at the point where the sample specimen contacted the steel rod, and 1/4 in. (6 mm) in from the lower end. A weight sufficient mass such that the weight and hook together shall equal the steel bearing load required in 3-1.2.3 of this section shall be attached to the hook.

3-3.23.3 A bearing force shall be applied evenly to the sample specimen by grasping the side of the material at the edge of the clay support from the load and raising the sample specimen and weight clear of the supporting surface. The end of the test shall be marked off on the edge and the char length measurement made along the undamaged edge.

3-3.23.4 The specific load for determining char length applicable to the weight of the test material shall be as follows:

Applied weight per square foot of material before any fire resistance treatment is applied	Total bearing weight for determining the charred length	lb	kg
20 ± 4.0	40-200	0.31	0.1
6.6 ± 1.8	100-250	0.5	0.2
13.0 ± 2.0	300-750	0.15	0.05
22.0	750	1.0	0.45

3-3.23 After each sample specimen is removed, the test cabinet shall be cleaned of fumes and smoke before the next sample specimen is tested.

3-3.26 Each tested sample specimen shall be reconditioned as specified in 3-1.1 of this chapter and then weighed to the nearest 0.1 g.

3-3.29 The percent charred shall be calculated as the weight after testing times 100 divided by the original weight, as shown in the formula:

$$\text{Percent charred} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100$$

Where:

W = original preconditioned weight  
 R = conditioned weight 24 hours after testing

3-3.28 The afterburn time, afterburn time, char length, and percent charred shall be reported for each sample specimen. The average afterburn time, afterburn time, char length, and percent charred for each sample specimen shall then be calculated and reported.

3-3.27 The afterburn time and afterburn time shall be reported to the nearest 0.1 second, the char length to the nearest 1/16 in. (0.2 mm), and the percent charred to the nearest 0.1 percent.

3-3.28 Observations made on the extent of melting or dripping for each material shall be reported.

#### 3-4 Conductive Heat Resistance Testing.

3-4.1 Sample specimens representative of glove construction at the palm of the hand and at the palm side of the fingers shall be preconditioned as specified in 3-1.1 of this chapter and then shall be conditioned for both dry and wet conditions in accordance with 3-1.2 and 3-1.3 of this chapter.

3-4.2 Sample specimens shall be tested in accordance with ASTM 1100, *Standard Test Method for Thermal Protective Performance of Materials for Pressure Clothing for Hot Surface Contact*.

3-4.3 Sample specimens shall be weighed around the perimeter using the same thread used in glove construction.

3-4.3 Sample specimens shall be tested using an exposure temperature of 538°F (280°C). The pressure applied during the test shall be 15 psi (13 g/cm<sup>2</sup>).

3-4.4 The time in seconds to pain and to second degree burn (blister, as provided by the Small Human Tissue Burn Tolerance Criteria), shall be recorded. The average of the test results of the sample specimen shall be reported.

3-4.5 Thermal Protective Performance (TPFP) Testing.

3-4.5 Sample specimens shall be preconditioned in accordance with 3-1.1 of this chapter. They shall then be placed in a circulating air oven for not less than 61 hours at 120°F ± 5°F (49°C ± 2°C).

3-4.5 Sample specimens shall be conditioned for both wet and dry conditions in accordance with 3-1.2 and 3-1.3 of this chapter.

3-4.5 Thermal protective performance testing shall be performed in accordance with ASTM D 4108, *Thermal Protective Performance of Materials for Clothing, Open Flame Method*, with the following modifications:

3-4.5.1 Sample specimens shall consist of each single layer or composite used in actual glove construction with all layers arranged in proper order. In each test, the sample specimen's normal outer surface shall be exposed to the heat flux.

3-4.5.1.6 Sample specimens shall measure 6 in. ± 3 in. × 14 in. (152.4 mm ± 127 mm × 356 mm) and shall be attached around the perimeter using the same thread as is used in glove construction.

3-4.5.2 Apparatus shall consist of specimen holder assembly, specimen holder assembly support, thermal flux source, protective shroud, mass assembly, and recorder.

3-4.5.3 Specimen holder assembly shall consist of upper and lower mounting plates. Specimen holder mounting plates shall be 1/4 in. ± 1/16 in. × 1/4 in. ± 1/16 in. × 1/4 in. ± 1/16 in. (6.4 mm ± 0.8 mm × 6.4 mm ± 0.8 mm × 6.4 mm) hole. The upper specimen mounting plate shall have, centered, a 3/16 in. ± 1/32 in. × 1/4 in. ± 1/32 in. × 1/4 in. ± 1/32 in. × 1/4 in. ± 1/32 in. hole. The lower specimen mounting plate shall have, centered, a 3/16 in. ± 1/32 in. × 1/4 in. ± 1/32 in. × 1/4 in. ± 1/32 in. × 1/4 in. ± 1/32 in. hole. The lower specimen mounting plate shall have, centered, a 3/16 in. ± 1/32 in. × 1/4 in. ± 1/32 in. × 1/4 in. ± 1/32 in. × 1/4 in. ± 1/32 in. hole.

3-4.7 The pressure vessel shall consist of a machined trough and upper clamping ring. The sample specimen shall be supported between rubber gaskets under the clamping ring to give a weathertight seal when the apparatus is assembled.

3-4.8 The machined trough shall be fitted with an inlet valve and a outlet valve.

3-4.9 A water pressure gauge, capable of measuring from 0-15 psi (0-713 cm Hg) pipe, shall be attached to the inlet valve and shall be used to determine the water pressure.

3-4.10 A template shall be used to locate the holes for sample specimen mounting in the apparatus, as shown in Figure 3-6-10.

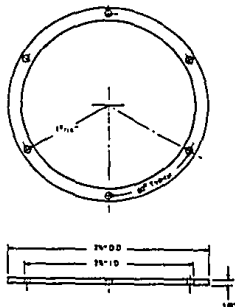


Figure 3-6-10. Template.

3-4.11 A beaker stand shall be used to cut the six holes in each sample specimen as located by the template.

3-4.12 The apparatus shall be fitted with the outlet elevated. Room temperature water shall be slowly added from a normal 50-50 psi (3-30 cm Hg) water supply to completely fill the vessel. Excess air shall be expelled through the elevated outlet. When the apparatus is full, the outlet valve shall be closed.

3-4.13 With the apparatus in its normal horizontal position, the water pressure shall be slowly increased in 5 psi (40 cm Hg) in 1 psi (3-cm Hg) increments. Each pressure

level shall be maintained for 60 seconds. ± 5-8 seconds, or until visible water penetration occurs.

3-4.14 The pressure at which penetration occurs shall be recorded.

3-4.15 If the sample specimen is not prestrained, a maximum pressure of 8 psig (40 cm Hg) shall be recorded.

3-4.16 Additional sample specimens shall be tested until the requirements of 3-4.4 and 3-4.5 of this section are met.

3-4.17 The pressure required for penetration of each specimen shall be recorded. The average pressure for each material shall be calculated and reported.

#### 3-7 Cut Resistance Testing.

3-7.1 Sample specimens shall be reconditioned as specified in 3-1.1 of this chapter and then shall be conditioned for both dry and wet conditions as specified in 3-1.2 and 3-1.3 of this chapter.

3-7.2 Each sample specimen to be tested shall be a rectangle at least 2 in. × 4 1/2 in. (5.1 cm × 11.4 cm) and shall be attached around the perimeter using the same thread used in the glove construction. Multiple cut attempts may be made on each specimen.

3-7.3 Each sample specimen shall consist of each single layer or composite used in actual glove construction, with all layers arranged in proper order. During the test, each sample specimen shall be oriented so that the normal outer surface is the first to be contacted by the edge of the blade.

3-7.4 Three sample specimens of each sample shall be tested and two cuts shall be made on each sample specimen.

3-7.5 To evaluate both dry and wet specimens, three sample specimens of each shall be tested.

3-7.6 The main test apparatus shall consist of an "L"-shaped metal frame and a powered arm that lowers a sharp-edged blade over a sample specimen, as shown in Figure 3-7-6.

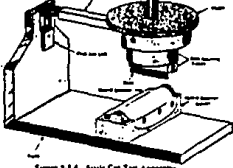


Figure 3-7-6. Blade Cut Test Apparatus.



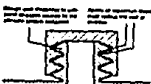
## Threads

External and internal threads can be incorporated in LEXAN resin parts by molding them in. Internal threads may be formed either with a rotating core pin or loose-pin systems. External threads may be formed by placing the cavity so that the threads can be formed in the mold face.

While threads produced in a solid mold by sanding the part from the core pin are more accurate than those produced in a solid mold, the latter method works well for most indications.

Standard UNC, UNF, and Whitworth threads perform as well as parts made from LEXAN resin as those made from metal, providing operating torque limits

Fig. 32 Recommended Thread Design



LEXAN resin threads, whether made as tapered, should be tapered to prevent stress lines. Concentricity for threads is LEXAN as the inner part only. The top two very high torque stresses in the steel thread.

are not exceeded. Tapered threads are not recommended because they can cause undercure, hoop and axial stresses which may result in failure if this type of thread is introduced. Machine threads to poor thread adapters or straight pin thread units with O-ring seals are suggested.

The use of tabs of thread tops is strongly recommended as a cast-in-place thread strength and reliability.

## Undercuts

Popoff or snap-off undercuts are not recommended. Undercuts produced by moving parts in the mold are discussed in the molding section.

## Design Optimization: Thin wall design, combination of functions, frameless design

The unique property profile of LEXAN resin will allow freedom in design that is hitherto only by the designer's imagination. Thin wall design and combination of functions have helped to revolutionize the methods used in designing a plastic part.



In the cast cover face, 8 die cast metal part was replaced by a LEXAN resin part using thin wall design. Notice the detail in the upper right corner, which illustrates how additional design can maximize strength even while allowing a thinnest wall.



The tapered paper arm from 50 metal parts to only two parts designed from LEXAN resin in the new design. Its shear resistor hinges and fasteners are combined in a single assembly.



This gear frame housing uses thin wall and frameless design and the motor brushes and bearings are mounted directly into the LEXAN resin housing. Double injection, impact strength and dimensional stability all contribute to the success of LEXAN resin in the power tool market.

## Application Analysis

Design parameters for LEXAN resin, as well as other plastics, can be analyzed to determine upon life expectancy, toughness and stress levels. The preceding sections have demonstrated the variations in LEXAN resin's modulus, creep and other properties; once the appropriate property profile is selected, standard engineering equations are used to design a part in LEXAN resin.

## Strength of Material Analysis

Stresses in a structural member due to external loading can be predicted by using basic engineering equations based on Hooke's Law, which states that stress is directly proportional to strain. The basic equation applies to the linear portion of the stress-strain diagram below the proportional or elastic limit, and is stated:

$$E = \frac{S}{\epsilon}$$

Where:  
S = Stress (psi)  
E = Modulus of elasticity (psi)  
 $\epsilon$  = Deformation (in./in.)

The two most common types of stress are tensile and bending, and may be calculated as follows:

$$\text{Tensile stress} = \frac{\text{Total force}}{\text{Cross section area}}$$

$$\text{Bending stress} = \frac{Mc}{I}$$

Where M = Bending moment

I = Moment of inertia with respect to the neutral axis  
C = The distance from the neutral axis to the extreme outer fiber  
Neutral axis is defined by which a beam is subjected to bending.

As shown in the cantilever beam (Fig. 33), the top surface is under tension and the bottom surface is under compression. Compression in between there will be a plane where the tension cancels the compression and there is no stress due to bending. A demonstration of the calculation of a neutral axis is given on page 15.

## Structural Analysis

The steps used in the following examples are for common configurations, but they can be expanded in analyzing more complex structures. Additional equations will be provided at the end of this section.

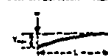
## Beams

Fig. 33 End-Loaded Cantilever Beam

$$\text{Moment} = W \times L$$

$$\text{Stress} = S = \frac{Mc}{I}$$

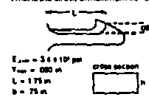
$$\text{Maximum Deflection} = \frac{WL^3}{24I}$$



Distance from neutral axis to extreme fiber =  $\frac{h}{2}$   
Moment of inertia =  $I = \frac{bh^3}{12}$   
Cross section

## Example: Saw FE Arm

What is the stress at maximum deflection?



$$E_{\text{min}} = 3.6 \times 10^6 \text{ psi}$$

$$W = 100 \text{ lb}$$

$$L = 1.75 \text{ in.}$$

$$b = 75 \text{ in.}$$

$$h = 100 \text{ in.}$$

$$C = \frac{h}{2} = 50 \text{ in.}$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = 6.14 \times 10^6 \text{ in.}^4$$

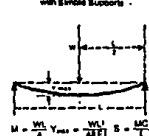
$$W = \frac{WL^3}{24I}$$

$$W = \frac{3.6 \times 10^6 \times 1.75^3}{24 \times 6.14 \times 10^6} = 63 \text{ lbs.}$$

$$S = \frac{Mc}{I} = \frac{63 \times 1.75 \times 50}{6.14 \times 10^6} = 9.0 \times 10^{-4} \text{ psi}$$

Since the value is well below the 15,000 psi dynamic allowable working stress for LEXAN (A1 resin (Table 4, page 7)), the part should perform well in the application. In a properly designed area, the actual stresses are very high and thus impact stress levels would be the proper limit. In fact, the part could be redesigned to use less material and still stay within stress limits, depending on molding and end use conditions.

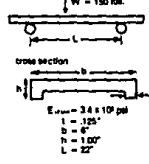
Fig. 34 Center Loaded Beam with Simple Supports



$$M = \frac{WL}{4}$$

$$Y_{\text{max}} = \frac{WEL^3}{48EI}$$

$$S = \frac{Mc}{I}$$



In this case, the location of the neutral axis is more complex. But from observation, it is known maximum stresses will occur at the point where the load is applied so that particular cross section will be examined.  
Neutral axis. Since the example concerns a simply loaded straight beam, the neutral axis will coincide with the centroid axis. The centroid of a composite area is located using the first moment of area as follows on page 15.



## Product Selection

### General Purpose Resins

LEXAN polycarbonate resin is available in a variety of grades, each tailored for specific design and performance requirements. The basic grades of LEXAN resin offered in a range of most viscosities (designated as 121 through 181) have a heat deflection temperature of 320°F at 264 psi, a UL thermal index of 115°C, and a ULN flammability rating of V-2. These general purpose grades offer similar physical property performance however, its viscosity reduction and moldability improved, some reduction does occur in machined load impact strength. Therefore, in order to realize the exceptional properties of LEXAN resin, select the highest viscosity resin which supplies the required modulus for an individual application. (See Fig. 1)

**LEXAN 181 resin (High Viscosity)** Recommended for molding heavy-walled parts having impact strength.

**LEXAN 161 resin (High Viscosity)** Best suited for thick sections to minimize warpage and voids.

**LEXAN 151 resin (Medium High Viscosity)** Intermediate viscosity offering a balance between 101 and 141 grades.

**LEXAN 141 resin (Medium Viscosity)** Most frequently used reaction molding grade.

**LEXAN 141L resin (Medium High Viscosity)** Enhanced flow versus 141 grade assists molding of large and/or intricate hard to fill parts.

**LEXAN 131 resin (Low Viscosity)** Provides excellent flow for molding thin-section parts. LEXAN 131 resin is available only in clear and translucent colors.

**Special Additive Options**

The above viscosity grades of LEXAN resin may be available in special formulations for specific applications.

**Release Grades**  
For use in close tolerance minimum draft applications requiring improved release characteristics.

**UV Stabilized Grades**  
For outdoor applications, a where UV radiation may be encountered.

**FDA Compliant Grades**  
For grades to be used to meet FDA requirements, contact a GE representative.

**Glass Reinforced Resins**  
Glass reinforced LEXAN resin offers a combination of increased rigidity, improved dimensional stability and higher heat resistance with some reduction in impact strength. The physical properties offered by these glass reinforced grades make them excellent candidates for metal replacement.

**LEXAN 3412, 3413 and 3416 resins** (20%, 30% and 40% glass reinforced). Distinguished by improved rigidity, creep resistance and dimensional stability. Offer heat deflection temperatures of up to 295°F at 264 psi and are among the best glass reinforced resins (rated UL 94 V-1 at 1/16 and 3/16 O.D. at 1/8 thickness).

**Flame Retardant Grades**  
**LEXAN 900 resins**  
LEXAN 920, 940 and 950 resins are the medium and high viscosity grades of flame retardant polycarbonate developed to meet stringent authority regulations.

As these grades provide properties similar to standard grades of LEXAN resin, in addition LEXAN 920 and 940 resins offer:

- UL 94 V-0 flammability rating down to 0.016" in total thickness.
- Decreased smoke emission and toxic gas concentrations in fire conditions.
- Excellent electrical and flame retardant characteristics.

**LEXAN 950 resin offers:**

- UL 94 V-0 flammability rating down to 0.125" at standard colors.

The properties and processing characteristics, computer communications, business equipment and hardware applications.

LEXAN 920A and 950A grades provide high flame retardance at a lower cost combined with good surface appearance. The LEXAN resin A products offer:

- UL 94 V-0 flammability rating down to 0.125" at standard translucent and opaque colors.

### Specialty Resins

**LEXAN 101 resin (High Flow)**  
Very low viscosity grade providing enhanced processability and longer flow lengths for thin-walled design. Polymer modification prevents excellent long-term property retention.

**LEXAN 800 resins (High Modulus)**  
Specially formulated for reducing the cast aluminum and zinc. Offer a unique blend of rigidity, impact strength and toughness. Rated UL 94 V-0 at 1/16" and 94 V-1 at 1/8".

**LEXAN Lamin System (LS) resin**  
An optical grade resin designed specifically for exterior automotive lighting applications. Available in three viscosities and in clear or selected colors that meet SAE requirements.

All LS grades include a coating which adds superior weatherability to the natural advantages of LEXAN resin.

- **LEXAN L81 resin (Low Viscosity)** Solved for molding intricate hard-to-fill parts and long flow line applications.

- **LEXAN L83 resin (Medium Viscosity)** Cast-in-place as the general purpose lens grade.
- **LEXAN L82 resin (High Viscosity)** Most often used for molding such as section lenses without voids or smel.

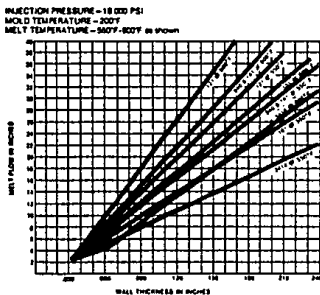
**LEXAN 181 resin (Flow Modifying/Stratification Grades)**  
High melt strength, especially suited for blow molding and extrusion.

**LEXAN 885 resin (Lighting Grade)**  
High viscosity grade designed to serve in the severe UV/radiation environments of HID lighting.

**LEXAN PPC resins (High Heat Grades)**  
Eliminate upper limits of heat deflection temperature to 325°F while maintaining basic LEXAN properties. Two grades are available: LEXAN PPC 410 (325°F HDT) and LEXAN PPC 450 (303°F HDT). FDA grades available.

**LEXAN WR resins (Water Resistant Grades)**  
Specially formulated to provide greater stability and reduced friction between moving parts for extended service life. A variety of viscosity and performance options are available.

Fig. 1 Flow Chart LEXAN Resin Grades



Flow Chart is for injection molding. Results of a flow test are shown for each resin grade.

## Mechanical Properties

Design calculations for polycarbonate resins are no different than those for any other material. Physical properties of plastics are dependent on the processing temperature and stress levels. Once this dependency is understood and the end-use environment has been defined for an application, standard engineering calculations can be used to accurately predict part performance.

**Stress-Strain Relationship**  
LEXAN resins have most engineering materials (see Figure 2-5) strength versus stress are in curves resemble those of aluminum and steel. Therefore, standard elastic equations can be used to predict the performance of a part.

**Recommended Working Stress**  
The allowable working stress level for parts molded from LEXAN resin is generally dependent on three factors: temperature, fatigue, and chemical environment.

Table 1 (page 5) has the recommended maximum stress levels for various grades of LEXAN resin. Obviously, these levels will be temperature dependent. As LEXAN resin is a thermoplastic, since these values are below the proportional limit of the material, however, the table provides a built-in safety factor.

These figures are offered only as a guide and represent maximum recommended stress. Each application should be evaluated individually in order to determine the appropriate design stress levels.

Fig. 2 Stress-Strain Curve for Low Carbon Steel

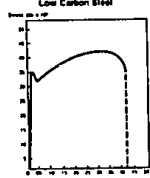


Fig. 4 Stress-Strain Curve for Die Cast Aluminum

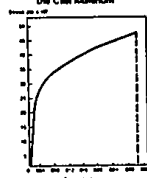


Fig. 3 Stress-Strain Curve for standard grades of LEXAN Resins (73°F)

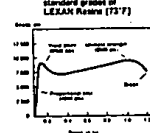


Fig. 5 Stress-Strain Curve for LEXAN 800 (73°F)

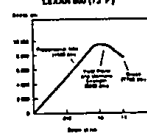


Table 1 Allowable Working Stress Levels for LEXAN Resins (psi)

Temperature (°F)	Resin Grade	LEXAN 300	LEXAN 310	LEXAN 312	LEXAN 315
Continuous	0	4200	3800	4000	3700
	75	3200	3000	3000	3000
	150	2000	1700	2000	2000
	180	1000	1400	1700	2000
	200	800	750	1000	900
	250	0	250	300	1000
Emergency	0	6300	6000	6000	12000
	75	4200	4000	3500	10000
	150	4000	4000	3500	10000
	180	3800	4200	4300	8000
	200	3000	3800	4600	7500
	250	2500	3000	4700	6300
Falling Dart (ASTM D 2157) (psi)					
75	1000	3000	5000	7500	

LEXAN 300, 310, 312, 315: 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 hours

As represented in Table 1, a continuous load is defined as one which remains constant for 8 hours or longer. An intermittent load is one which is applied for a maximum of 88 hours followed by an equal period of recovery.

Table 1 was generated from tensile data. Since LEXAN resin is slightly stronger under compression, tensile stress is the limiting case. These data assume a normal atmospheric environment free of moisture, moisture and incompatible chemicals. Also, the stress limits are averaged for the various viscosity levels. As more conservative values may be necessary when using low melt viscosity grades such as LEXAN 121 grade resin. Generally, a dart should be dropped after the highest practical viscosity allowed for the application.

#### Creep and Apparent Modulus

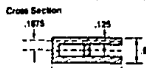
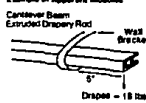
Although LEXAN resin performance simulates that of metals in short-term stress situations, long-term, sustained requires evaluation of creep phenomena.

As the data in Figure 8 indicates, creep becomes negligible at a specific stress level, so it can be ignored in long-term, continuous-load applications. The point at which this phenomenon takes effect is called the creep level by the material.

The creep limit for untempered LEXAN resin at 120°F occurs at about 2,000 psi, one of the highest creep limits of any untempered thermoplastic. When considering creep in engineering calculations, it is convenient to use the apparent modulus rather than the instantaneous modulus or the actual modulus. Apparent modulus represents the modulus of a material as a given stress and environmental condition over a designated period of time.

Creep data from long term tests at various stress levels and temperatures.

#### Example of Apparent Modulus



Calculations: Immediate stress and deflection. Moment of inertia for a rectangular beam.

$$I = \sum \left( \frac{bh^3}{12} + Ax^2 \right)$$

b = segment width  
h = segment height  
X = distance from segment neutral axis to composite neutral axis

A = area of the segment cross section

The summation indicates that the moment of inertia of a composite section about any axis is equal to the sum of the moments of inertia of the segments about the same axis.

For the composite section above,

$$I = 0.005 \text{ (see page 17 for a derivation of moments of inertia)}$$

Assuming the worst case of continuous loading at the end of the rod

$$\text{Deflection} = D = \frac{WL^3}{24EI} = \frac{18 \times 12^3}{24 \times 30 \times 10^6 \times 0.005} = 0.017$$

$$\text{Stress in support} = S = \frac{WL}{2I} = \frac{18 \times 12}{2 \times 0.005} = 216,000 \text{ psi}$$

(see page 13 for derivation of the equation)

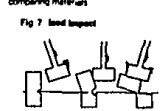
Since the stress is greater than the allowable working stress for LEXAN 101 resin, creep may become an important factor. If the product lifetime is 8 years, the apparent modulus after 70,000 hours is approximately 200,000 psi (from Fig. 8). Thus, the deflection after 8 years of continuous loading will be

$$D = \frac{WL^3}{24EI} = \frac{18 \times 12^3}{24 \times 200,000 \times 0.005} = 0.027$$

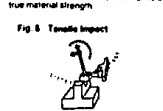
In this instance, creep has a minimal effect even after 8 years.

#### Impact Strength

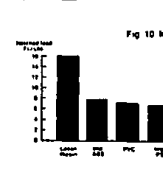
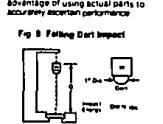
One of LEXAN resin's outstanding properties is impact strength. There are three accepted methods to test for impact strength. Notched Izod is an industry standard for comparing materials.



Tensile impact is more representative of true material strength.



Falling Dart, or Drop Ball testing has the advantage of using actual parts to accurately ascertain performance.



Tables 2 and 3 Figure 10 supply data which demonstrate the superior impact strength of LEXAN resin.

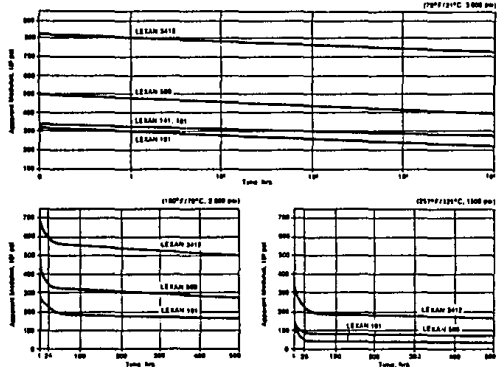
Table 2 LEXAN Resin Impact (ft-lb/in.)

Grade	12 0-110	> 80	> 100
2014	11.0	> 80	> 100
300	2.0	40	75
312	2.0	18	8
314	2.0	24	8

Table 3 Izod Impact Comparison (ft-lb/in.)

Material	Impact Level	Impact Test	ft-lb/in	2" x 1/8"
Notched	12-14	2-4	0-6	1-4
Unnotched	800	40	10-30	NO DEFLECT

Fig 6 Long Term Creep Data LEXAN Resins



LEAN can frequently be selected for applications subjected to severe dynamic loading, which requires exceptional impact strength. In fact, design allows the shape and rigidity of the air bag body part and material strength and environmental life factors, and the problem becomes complex.

As a result, the following equations may be used only to calculate approximate values for dynamic stress and deflection.

$$V_s = V_s(1) + \sqrt{1 + \frac{2h}{T_s}}$$

$$S_s = S_s(1) + \sqrt{1 + \frac{2h}{T_s}}$$

Where:  
 $V_s$  = Dynamic velocity  
 $V_s(1)$  = Static velocity  
 $S_s$  = Dynamic stress  
 $S_s(1)$  = Static stress  
 $h$  = Drop height of falling body

For optimum impact strength, a part should not exceed the impact stress values provided in Table 4.

Table 4. Allowable Dynamic Stress (S<sub>s</sub>) for LEAN Resin

Size	Velocity (1177 ft/min)
LEAN 100	20,000
LEAN 150	15,000
LEAN 125	10,000
LEAN 500	10,000

These equations, based on empirical impact test data, are applicable for the same air bag body and 100 percent of the available kinetic energy is transferred to the part.

The accuracy of the values calculated for dynamic stress and deflection depends heavily on the accuracy of static values. While this approach may be acceptable for estimating impact design, it is not a substitute for fabricating and testing actual parts.

**Example of Impact Calculation:**  
 One-pound weight - must withstand a free-fall object dropped from a height of 20 feet.

First, calculate stress and deflection for the static case.

$$\text{Maximum Stress} = S_s \text{ max} = \frac{3W}{2bt} \left[ \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{T_s}} \right) \right]$$

$$\text{Deflection} = Y = \frac{6WV_s^2}{Ebt^3}$$

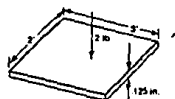
Where:  
 $\nu$  = Poisson's Ratio (.38 for LEAN resin)  
 $\beta = .022$   
 $a = .0785$   
 $r_0$  = radius of loaded area (.2 in.)  
 $b$  = length of shorter side  
 (From Roark and Young, "Formulas for Stress and Strain")  
 $S_s \text{ max} = \frac{3(1)(1177)^2}{2(1)(.022)^3} \left[ 1.38 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{20}{.022}} \right) \right] = 173 \text{ psi}$

Then, dynamic stress and deflection can be calculated.

$$S_s = S_s(1) + \sqrt{1 + \frac{2h}{T_s}} = 173(1) + \sqrt{1 + \frac{20}{.022}} = 6,083 \text{ psi}$$

$$Y = Y(1) + \sqrt{1 + \frac{2h}{T_s}} = .022(1) + \sqrt{1 + \frac{20}{.022}} = 1.03 \text{ in.}$$

Thus, the dynamic stress of 6,083 psi is well below the 20,000 psi strength. This puts the one-inch deflection calculated indicates there should not be permanent deformation under the repeated impact.



- Bonding - Bonds should not be formed if they can cause abrupt transitions of energy flow during impact which may result in bond breakage.
- Transitions - Avoid sharp transitions in thickness.

Another factor which may affect impact strength is temperature. Although LEAN resin has excellent low temperature impact strength, a slightly low temperature may result in some loss of impact properties (Fig. 12).

Fig. 12. Impact vs. Temperature

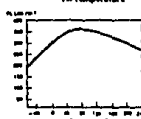


Fig. 13. Critical Thickness

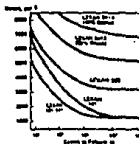


As shown in Figure 13, LEAN resin and it shares a property known as "critical thickness." At a specific thickness, the notched and impact strength of a test bar will suddenly drop from a high-energy absorbing ductile failure to a low-energy absorbing brittle failure. The critical thickness will depend on grade, color, formulation and notch radius, but in general will be between 180 inch and 700 inch. This effect invariably will restrict molding constraints.

### Fatigue

Calculation of a part's static and/or dynamic stress levels involves evaluation of 1) anticipated forces, 2) section modulus and 3) stress concentration factors. When cyclic loading is involved, these values should be compared with the fatigue endurance of SAE curves (Fig. 14) in order to determine life expectancy. The values provided in Figure 14 are especially useful in the design of parts, such as pressure vessels subject to water hammer and cyclically loaded support structures.

Fig. 14. Fatigue Endurance for LEAN Resins



For example, the life expectancy of a vessel pressurized from zero to 750 psi 50 times per day with maximum stress of 2,500 psi at room temperature is 8,000 days. This is found by using the graph in conjunction with the equation:

$$L = \frac{10^6 \log \frac{S_{max}}{S_{min}}}{10^6 \log \frac{S_{max}}{S_{min}}} = 8000 \text{ days}$$

In this application design life could be prolonged by increasing the section modulus or by decreasing the stress level. Sloped graphs are available which will improve each section impact parameter.

## Thermal Properties

### Thermal Stress

When two or more materials with different coefficients of thermal expansion are used in a common assembly, thermal stresses can become a significant factor in stress analysis. For this reason, the effects of thermal stress must be considered early in the design of parts incorporating close fits, expansion inserts and screw assemblies, especially if the part is to be assembled in a temperature other than the ambient temperature.

High thermal stress can cause excessive creep, stress cracking or even part failure. It is a danger given the excessive stress could be avoided by using compressive members with some tolerances, or by using alloys made of materials with a different coefficient which cover a range of LEAN resin.

**Example of Thermal Stress Calculation:**  
 The LEAN resin part is to be bolted together a steel machine screw. If the resulting clamping stress is 2,000 psi, the maximum temperature will set the stress by at 173°F:

$$S_s = (1) (2000) = 2000 \text{ psi}$$

$$\Delta T = \text{Thermal stress, psi}$$

$$C = \text{Coefficient of thermal expansion}$$

$$3 \Delta s = 3(75) \times 10^{-6} \text{ in/in/°F}$$

$$\Delta s = 0.68 \times 10^{-4} \text{ in/in/°F}$$

$$\Delta T = \frac{2000}{.000068} = 2927$$

$$E = \text{Modulus of elasticity at 173°F.}$$

$$E_{\text{steel}} = 3.2 \times 10^6 \text{ psi}$$

$$S_s = (3.2 \times 10^6) (3.2 \times 10^{-4}) (2927) = 1000 \text{ psi}$$

From 73°F to 173°F, total stress in this example (clamping plus thermal) increases from 2,000 psi to 3,000 psi. If 173°F is the maximum use temperature, the maximum allowable working stress is 1,000 psi. Total stress will exceed the recommended maximum stress at 173°F by 2,000 psi.

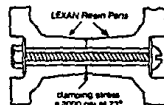
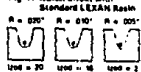


Fig. 15. Notch Effect with Standard LEAN Resin



In designing for impact strength and shock, stress concentrators also must be carefully eliminated to ensure excellent results do not exceed the allowable dynamic stress. From stress concentrators may include sharp corners, pin holes, bosses, grooves, and machining marks. A more detailed discussion of stress concentrators can be found in the FALLETTS AND RADII section on page 11.

Other areas which are of prime concern in designing for high impact strength include the following:

- **Mold Design** - Gate size, as well as mold parting lines, will top notch areas from high impact areas.
- **Feasibility** - Water sorption tends to be high 1.0 parts per 100 parts of rigidity and flexibility is necessary when the deflection is cyclic.
- **Design** - Corners may improve ductility by maintaining uniform sections and reducing gating stresses which can develop in thin sections during molding.

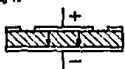
## Electrical Properties

LEAN resin exhibits excellent electrical properties which remain constant under a wide range of temperature and moisture levels. The constant performance combined with the other advantages of LEAN resin, make it an excellent material for electrical applications.

### Volume Resistivity

The ratio between the direct voltage applied to a specimen and that portion of current which flows through a specific volume of the specimen is called volume resistivity.

Fig 14



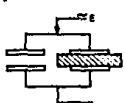
LEAN resin's volume resistivity is high at low temperatures but decreases to about  $10^{14}$  ohm-cm at 125°C and falls off beyond that point.

However, because LEAN resin absorbs very little moisture its volume resistivity remains basically unchanged when immersed in water or prolonged exposure to high humidity. Volume resistivity also is unaffected by heat aging.

### Dielectric Constant

The ratio of the capacitance of electrodes with the insulating material as a dielectric to the capacitance of the same system with vacuum or dry air as the dielectric is called dielectric constant.

Fig 20

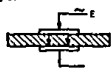


LEAN resin's dielectric constant at 80 Hz ranges from 3.1 at 0°C to 3.2 at 150°C. Room temperature tests show a decrease to 3.0 in the tapered range and to 2.9 at 100 megahertz. Water absorption at equilibrium does not appreciably affect this value.

### Dielectric Strength

The voltage gradient between two electrodes at which electrical breakdown occurs, defined as the voltage per mil of thickness is called dielectric strength.

Fig 21



As with most insulating materials, the dielectric strength of LEAN resin varies with thickness. A standard 0.125 inch sample exhibits a value of 380 volts per mil while thin films have a value of 2000 to 4000 volts per mil. Short run and stop run tests yield essentially the same values.

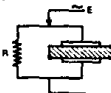
LEAN resin's dielectric strength increases with temperature. For a sample 0.125 inch sample this a value of 575 volts per mil at 100°C.

Moisture does not significantly affect LEAN resin's dielectric strength.

### Dispersion Factor

The tangent of the loss angle of the insulating material is called the dispersion factor.

Fig 22



At 80 Hz, LEAN resin's dispersion factor remains at about 0.001 from room temperature to 100°C. It then increases gradually to 0.002 at 140°C, and increases rapidly beyond that point.

Across the frequency range the dispersion factor rises sharply above one in a range below about 0.011, then falls to about 0.008 at 850 megahertz.

### Arc Resistance

The elapsed time in which the surface of a material will resist the formation of a continuous conducting path when subjected to a high voltage, low-current arc under rigidly controlled conditions is called arc resistance.

The arc resistance of LEAN resin when tested with stainless steel electrodes as specified in the standard ASTM test has a value of 10 to 15 seconds. Turbidity electrodes however increase this time more than tenfold because LEAN resin does not exhibit outgassing arc resistance. It should be evaluated closely for applications involving arcing.

Fig 23



Table 8. Coefficient of Thermal Expansion  
(at 100°C in cm/cm)

LEAN Resin	375
LEAN 800 Resin	178
LEAN 180 Resin	360
LEAN 3112 Resin	1.40
LEAN 5214 Resin	60
NOVEL Resin	3.20
Classified NOVEL Resin	1.40-2.00
ABS	1.20-1.40
GLASS	60-80
BRASS	60-67
ZINC	1.57
ALUMINUM	1.17-1.26
STEEL	70-80
ACRYLIC	81.5-8.56

### Temperature and Chemical Environment

Certain combinations of chemical environment, temperature and stress can adversely affect thermoplastic resins. LEAN resin is resistant to most common acids, alkalis, organic vapors, gases, oils, greases, solvents or any other materials which may come in contact with the finished part should be carefully evaluated for compatibility.

While LEAN resin generally is stable to water, mineral acids and organic acids, staining and/or embrittlement may occur if a part exposed to high-LEAN resin is highly stressed and exposed to moisture at a most high temperature environment. As a result a temperature limit of 140°F to 180°F is recommended under these conditions. LEAN resin is insoluble in organic hydrocarbons, ether and acetone. Gains in weight in aromatic hydrocarbons such as chlorinated hydrocarbons and will slowly decompose in strong alkaline solutions.

### Physical Properties vs. Temperature

When designing a part it is necessary to design in the worst case of abuse and environment. Since LEAN resin is used in such diverse applications as interior door cores and hair greys it is important to understand LEAN's property profile over a range of temperatures.

LEAN resin's tensile strength, flexural strength and flexural modulus all decrease steadily as temperature increases since LEAN is a thermoplastic. The effect of temperature on impact strength is just the opposite. As temperature drops, LEAN resin becomes stiffer and more brittle. Figure 18 demonstrates that LEAN's reduced-impact strength does not drop off as a very respectable number for many plastics even at room temperature. Fatigue crack impact strength does not drop off as quickly, but it does decrease with temperature.

Fig 15 Tensile Strength vs. Temperature for LEAN Resins

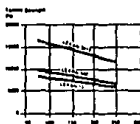


Fig 16 Flexural Modulus vs. Temperature for LEAN Resins

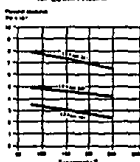


Fig 11 Flexural Strength vs. Temperature for LEAN Resins

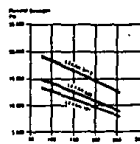
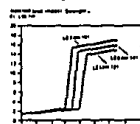


Fig 18 Notched Izod Impact Strength vs. Temperature (1/4" thickness) for LEAN Resins

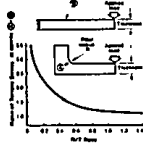


## Design Techniques

### Fillets and Radii

Sharp corners and notches are probably the greatest contributors to part failure. Sharp angles multiply stresses by concentrating them in localized areas. Generous radii will distribute loads over a wider area and will enhance the integrity of the part. Fillets will ease flow and permit easier part section during molding. Generally, all corners should have a least a radius as possible, with an optimum being 80 percent of wall thickness. A radius of less than .020 in. should be avoided unless absolutely necessary.

Fig 24 Stress-Concentration Factor



As shown in Figure 24, even a small increase in radius can reduce stresses substantially. Also, only marginal improvement is possible past the optimum radius to a thickness ratio of 80 percent. In fact, if a corner radius becomes too large, there will be a variation in the thickness of adjoining walls. This can cause a mold to be improper and may result in lines and voids at the part tops.

Fig 25 Radius Too Large



### Wall Thickness

Although wall thickness is most often determined by load requirements, molded-in stress, part geometry and uniform appearance, moldability, resin flow and economy may prove important as well. The maximum recommended wall thickness for parts molded from LEXAN resin is 0.275 inches, but for best results, wall should be no thicker than 0.125 inches. Where requirements might ordinarily dictate thicker wall sections, ribs or other reinforcing structures can often provide equivalent strength. Also, coring and ribbing can pay dividends by reducing part weight and fabrication cost and time and may provide a better looking more reliable part.

Transition from one wall thickness to another should always be as smooth as possible or, if not, to facilitate resin flow. In all cases, a part should be gated in the thicker area, allowing the resin to flow from thick to thin sections with a generous transition area. Gating in thin sections can cause voids or sinks in the thick sections and excessive mold-in stresses in the thin areas.

Fig 26 Wall Transitions

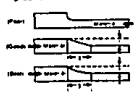
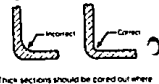


Fig 27



These corners should be rounded out where possible in order to maintain uniform wall thickness thus maintaining strength.

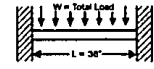
### Ribs

Properly designed and located ribs increase load carrying capacity, which in turn permits a reduction in overall part thickness. This can save material, reduce cycle times and minimize many sections which can cause molding problems. Correctly positioned ribs also can function as means, runners to assist resin flow during molding.

Thickness, length, location and wrapage are a design consideration for ribs. Thick, narrow ribs may result in vacuum bubbles forming at the intersection of mating surfaces and can result in sink marks in internal or external surfaces. Even if sink marks and bubbles are not discernible from an appearance standpoint, they are stress concentrations and can cause early part failure.

### Example of Ribbing Calculations

Uniform Load - Reinforced Shaft  
What total load can be supported with each cross section? (See discussion of beams on page 14 for further explanation.)



#### Cross Sections



Load  $W = 12.15$  LB

Distance from free end to load to estimate fiber,  $C = .125$

Allowable Working Stress,  $S = 3,000$  psi

Moment of Inertia

$$I = 8 \left( \frac{25^3}{12} \right) = .0078$$

$$\text{Weight} = W = \frac{.121 (3,000) (.0078)}{36 (1.25)} = 42 \text{ lbs}$$

$$C = \frac{1.25}{2} = .625$$

$$I = \frac{1.25^4}{12} = .125$$

$$V = \frac{12 (80) (2,000)}{36 (2.5)} = 234 \text{ lbs}$$

$$W = \frac{12 (27) (2,000)}{36 (4.5)} = 288 \text{ lbs}$$

$$C = \frac{4.5}{2} = 2.25$$

$$I = \frac{4.5^4}{12} = 13.5$$

$$V = \frac{12 (80) (2,000)}{36 (4.5)} = 234 \text{ lbs}$$

$$W = \frac{12 (27) (2,000)}{36 (9)} = 288 \text{ lbs}$$

$$C = \frac{9}{2} = 4.5$$

$$I = \frac{9^4}{12} = 54$$

$$V = \frac{12 (80) (2,000)}{36 (9)} = 234 \text{ lbs}$$

$$W = \frac{12 (27) (2,000)}{36 (18)} = 288 \text{ lbs}$$

$$C = \frac{18}{2} = 9$$

$$I = \frac{18^4}{12} = 216$$

$$V = \frac{12 (80) (2,000)}{36 (18)} = 234 \text{ lbs}$$

$$W = \frac{12 (27) (2,000)}{36 (36)} = 288 \text{ lbs}$$

$$C = \frac{36}{2} = 18$$

$$I = \frac{36^4}{12} = 1,296$$

$$V = \frac{12 (80) (2,000)}{36 (36)} = 234 \text{ lbs}$$

$$W = \frac{12 (27) (2,000)}{36 (72)} = 288 \text{ lbs}$$

$$C = \frac{72}{2} = 36$$

$$I = \frac{72^4}{12} = 3,732$$

$$V = \frac{12 (80) (2,000)}{36 (72)} = 234 \text{ lbs}$$

$$W = \frac{12 (27) (2,000)}{36 (144)} = 288 \text{ lbs}$$

$$C = \frac{144}{2} = 72$$

$$I = \frac{144^4}{12} = 10,368$$

$$V = \frac{12 (80) (2,000)}{36 (144)} = 234 \text{ lbs}$$

$$W = \frac{12 (27) (2,000)}{36 (288)} = 288 \text{ lbs}$$

$$C = \frac{288}{2} = 144$$

$$I = \frac{288^4}{12} = 29,859$$

$$V = \frac{12 (80) (2,000)}{36 (288)} = 234 \text{ lbs}$$

$$W = \frac{12 (27) (2,000)}{36 (576)} = 288 \text{ lbs}$$

$$C = \frac{576}{2} = 288$$

$$I = \frac{576^4}{12} = 84,518$$

$$V = \frac{12 (80) (2,000)}{36 (576)} = 234 \text{ lbs}$$

$$W = \frac{12 (27) (2,000)}{36 (1152)} = 288 \text{ lbs}$$

$$C = \frac{1152}{2} = 576$$

$$I = \frac{1152^4}{12} = 238,878$$

$$V = \frac{12 (80) (2,000)}{36 (1152)} = 234 \text{ lbs}$$

$$W = \frac{12 (27) (2,000)}{36 (2304)} = 288 \text{ lbs}$$

$$C = \frac{2304}{2} = 1152$$

$$I = \frac{2304^4}{12} = 670,848$$

$$V = \frac{12 (80) (2,000)}{36 (2304)} = 234 \text{ lbs}$$

$$W = \frac{12 (27) (2,000)}{36 (4608)} = 288 \text{ lbs}$$

$$C = \frac{4608}{2} = 2304$$

$$I = \frac{4608^4}{12} = 1,511,616$$

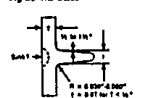
$$V = \frac{12 (80) (2,000)}{36 (4608)} = 234 \text{ lbs}$$

$$W = \frac{12 (27) (2,000)}{36 (9216)} = 288 \text{ lbs}$$

$$C = \frac{9216}{2} = 4608$$

As shown in the ribbing examples, thin, long ribs are preferred to thick ones, even if more ribs are required.

Fig 28 Rib Bosses



Generally, material flow length and wall thickness are the most important factors in determining rib thickness. Guidelines are provided in Figure 28.

Parts should be designed with matching sets of ribs on both sides in order to avoid warpage. If space permits, it may be possible to use a wide rib and core them from the underside for a built-in U-channel. Alternatives to ribs include corrugation or giving a part a slight dome or conical shape. These methods serve the same purpose of increasing stiffness and support.

### Bosses

When bosses are most often used to facilitate mechanical assembly of parts, they are also used for bearing supports or spacers when two or more parts are to be joined. Very small bosses can function as holding devices for other components by using hot-inking. But whatever the intended purpose, boss design requires special attention.

Fig 29 Boss Design

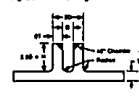
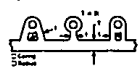


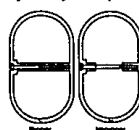
Fig 30 Bosses of Different



Bosses share many design aspects with ribs. Many sections should be involved exactly when the boss is in contact with an external surface, as they can cause the formation of vacuum bubbles or external lines. Proper boss design is illustrated in Figure 29, with Figure 30 giving recommendations for lateral support.

To ensure that part stresses are compressive rather than tensile, mating parts should either meet without gaps, or should use mating bosses.

Fig 31 Mating Boss Design



Total Area Moment-Centroid-Deflection Part Cross Section			
A = Area	bh	bh - (b-w)h	bh - (b-w)h
C = Centroid with respect to a face	h/2	(h-w)/2	?
First Moments of Area, $M_x = (A)(\bar{C})$ with respect to a face	bh(h/2)	$(b-w)(h-w)/2$	$bh(h/2) - (b-w)(h-w)/2$

Since both the area and the first moment of area are additive for the cross section the centroid with respect to any a face can be found by dividing  $M_x$  by A.

Thus, for composite area:  $A = 8(1.00) - (1.00)(.25)(8-.25) = 866 \text{ in}^2$

$$M_x = \frac{8(1.00)(1.00)}{2} - \frac{(1.00)(.25)(8-.25)(1.00-.125)}{2} = 30 - 2.20 = 27.80 \text{ in}^3$$

$$\text{and } C = \frac{M_x}{A} = \frac{27.80}{866} \text{ in.}$$

Thus the neutral axis is:

Next, the moments of inertia must be calculated. Since it is known that the moment of inertia of a composite area with respect to any axis is equal to the sum of the moments of inertia of its component areas with respect to the same axis, one can proceed as follows:

$$I_{NA} = I_c + Ad^2$$

$$I_{NA} = \frac{bh^3}{12} + bh(d)^2$$

$$I_{NA} = \frac{8(1.00)^3}{12} + 8(1.00)(.826-.5)^2$$

$$I_{NA} = 1.16 \text{ in}^4$$

$$I_{NA} = I_c + Ad^2$$

$$I_{NA} = \frac{(b-w)h^3}{12} + (b-w)h(h-w)^2$$

$$I_{NA} = \frac{(8-.25)(.75)^3}{12} + (8-.25)(.75)(.826-.475)^2$$

$$I_{NA} = 1.080 \text{ in}^4$$

$$I_{\text{moment}} = 1.16 - 1.08 = .08 \text{ in}^4$$

$$\text{stress } S = \frac{MC}{I} = \frac{WALC}{4I} = \frac{150(25)(.826)}{4(1.08)} = 11,338 \text{ psi}$$

Note: C = distance from neutral axis to farthest edge—thus C = 826

$$Y_{\text{max}} = \frac{WL}{48EI} = \frac{150(25)}{48(3)(4)(10^6)} = 1.63"$$

In this case, the stress (11,338 psi) is much greater than the recommended allowable working stress of 4,000 psi for LEKAN 141 resin and the deflection is much greater than desired. The part would have to be redesigned by thickening the flanges or by adding additional ribs.

### Additional Formulas for Stress Analysis of Beams

Note: Sections from more than one loading condition are additive.

C = The distance from the neutral axis to the extreme fiber. If the cross section is symmetric with respect to the horizontal plane,  $C = I/2$ .

$\Delta$  = Deflection at A  
 $S_x$  = Stress at A  
 W = Total load  
 E = Flexural modulus  
 I = Moment of inertia of the cross section

Beams: Uniform Cross Section  
 Simply Supported

Fig. 35 Uniform Load

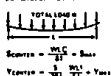


Fig. 36 Concentrated Load



Fig. 37 Uniform load - supports not at end



### Beam Load

Fig. 38 Uniform load

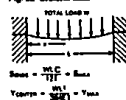
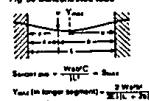


Fig. 39 Concentrated load



### Cantilever Beams

Fig. 40 Concentrated load at the end

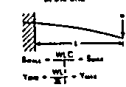


Fig. 41 Concentrated load not at the end

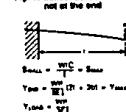


Fig. 42 Uniform load - full length

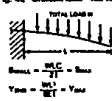
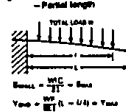
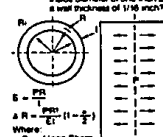


Fig. 43 Uniform load - partial length



### Pressure Vessels

Ensure: When is the yield or burst pressure for a tube with an inside diameter of one inch and a wall thickness of 1/16 inch?

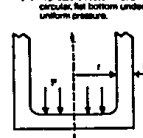


Where:  
 S = Hoop Stress  
 t = Wall thickness  
 P = Internal pressure  
 R = Radius to the center of the tube wall  
 $S = \frac{PR}{t}$  or  $P = \frac{S \cdot t}{R}$   
 $S = \frac{PR}{2t}$  or  $P = \frac{2S \cdot t}{R}$

In this occasion note that the maximum stress is 4,000 psi which is the yield point for LEKAN resin. Since the maximum recommended continuous stress is 3,000 psi for LEKAN 171 resin the maximum allowable pressure would be:

$$P = \frac{S \cdot t}{R} = \frac{3000 \cdot .0625}{.5} = 234 \text{ psi}$$

Example: A pressure vessel with a circular flat bottom under uniform pressure.



We can use the following equations for a circular plate with edge fixed:

Deflection at the center:

$$\Delta = \frac{3}{16} \frac{PR^2}{Et}$$

Maximum moment at the edge:

$$M = \frac{3}{8} PR \cdot M_{\text{max}}$$

Maximum stress at the edge:

$$S = \frac{3}{8} \frac{PR}{t} \cdot \frac{R}{t} = \frac{3PR^2}{8t^2}$$

If we are given the container's dimensions, we can compute stress as follows:

$$t = 3 \text{ in.}$$

$$R = 150 \text{ in.}$$

$$P = 175 \text{ psi}$$

$$S = \frac{3(175)(225)}{8(3)^2} = 10,094 \text{ psi}$$

This value is far above the 2,700 psi allowable working stress for LEKAN 800 resin at room temperature. Also, it should be noted that hoop stresses at the edge would add additional stresses. If loading is cyclic, fatigue should also be considered. It is obvious that in this comparison, the part will not function adequately. Redesign to reduce stress concentration would be recommended.



## Physical Properties

LEXAN Pbsin Grades

Property	Units	ASTM Test Method	LEXAN 101, 102, 121, 100, 104, 174, 100, 123, 303		LEXAN 200, 200A, 940, 940A, 940, 940A		LEXAN 101, 103	LEXAN 300 10% Glass	LEXAN 3412 30% Glass	LEXAN 3413 30% Glass	LEXAN 3416 40% Glass
<b>Physical</b>											
Specific Gravity		D792	1.20	1.21	1.19	1.25	1.35	1.43	1.52		
Specific Volume	in <sup>3</sup> /lb		23.1	22.9	23.3	22.2	20.5	19.3	18.2		
Mold Shrinkage	in/in	D955	.005-.007	.005-.007	.005-.007	.002-.004	.003	.0025	.002		
Refractive Index			1.586	1.586	NA	NA	NA	NA	NA		
Haze	%	D1003	1-2	1-3	NA	NA	NA	NA	NA		
Transmittance	%	D1003	80-89	85	NA	NA	NA	NA	NA		
Water Absorption	%	D570									
24 Hrs @ 73°F			0.15	0.15	.19	.12	.16	.14	.12		
Equilibrium 73°F			0.35	0.35	.37	.31	.29	.26	.23		
Equilibrium 212°F			0.58	0.58	.54	—	—	—	—		
<b>Thermal</b>											
Heat Deflection Temp	°F	D648									
at 66 psi			280	280	280	295	300	305	310		
at 264 psi			265-280	270	260	288	295	295	295		
Specific Heat	btu/lb/°F	—	.30	—	—	.29	.28	.27	.25		
Coefficient of Thermal Expansion	in./in./°F	D696	3.75 × 10 <sup>-5</sup>	3.75 × 10 <sup>-5</sup>	3.6 × 10 <sup>-5</sup>	1.79 × 10 <sup>-4</sup>	1.49 × 10 <sup>-4</sup>	1.21 × 10 <sup>-4</sup>	0.93 × 10 <sup>-4</sup>		
Vicat Softening Temp	°F	D1525	310-320	305	—	310	330	330	330		
Brittleness Temp.	°F	D746	< -200	—	—	—	—	—	—		
Flammability *											
UL Standard 94, V <sub>0</sub>	—	—	94V-2	94V-0 (UL94V-0) (UL94V-0)	HB	94V-0	94V-1	94V-1	94V-1		
UL Standard 94, V <sub>1</sub>	—	—	94V-2	94V-0 (UL94V-0) (UL94V-0)	HB	94V-0	94V-0	94V-0	94V-0		
Oxygen Index	—	D2963	25.0	35.0	23.8	32.5	30.5	30.0	30.0		
Thermal Conductivity	btu-in/hr/ft <sup>2</sup> -°F	C177	1.35	1.35	—	1.41	1.47	1.50	1.53		
<b>Electrical</b>											
Dielectric Strength	Volts/mil	D149	380	425	415	450	490	475	450		
Short Time, 125 mls		D150									
Dielectric Constant											
50 H			3.17	3.01	—	3.10	3.17	3.35	3.33		
10 <sup>6</sup> H			2.96	2.96	3.0	3.05	3.13	3.31	3.48		
Power Factor		D150									
60 H			0009	0009	0009	0008	0009	0011	0013		
10 <sup>6</sup> H			0.010	0.010	0.091	0.075	0.073	0.07	0.067		
Volume Resistivity @ 73°F Dry	Ohm-cm	D150									
Arc Resistance	Seconds	D495	6.2 × 10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	2.5 × 10 <sup>4</sup>	5.6 × 10 <sup>4</sup>	4.6 × 10 <sup>4</sup>	4.3 × 10 <sup>4</sup>	4.0 × 10 <sup>4</sup>		
Stainless Steel Electrodes			10-11	10	10-11	5-10	5	5	5		
Tungsten Electrodes			120	120	120	120	120	120	120		

†† Opaque Only 10Opaque and Clear

\* This rating is not intended to reflect hazards of this or any other material under actual fire conditions.



LEXAN Resin Grades

Property	Units	D636	D638	D639	D640	D641	D642	D643
<b>Mechanical</b>								
Tensile Strength	psi	D636						
Yield		3,500	3,000	3,500	3,800			
Ultimate		9,500	8,100	8,200	8,000	10,000	10,000	
Elongation	%	D636						
Yield		6-8	6-8	6-8	6-8	4-5	5-5	9-5
Rupture		110	80	115	10-20	4-5	5-5	9-5
Tensile Modulus	psi	D636	345,000	325,000	339,000	430,000	860,000	1,290,000
Flexural Strength	psi	D790	13,500	13,200	11,800	15,000	19,800	23,000
Flexural Modulus	psi	D790	340,000	325,000	310,000	860,800	800,000	1,000,000
Compressive Strength	psi	D685	12,500	12,500	10,000	14,000	16,000	18,000
Compressive Modulus	psi	D685	345,000	325,000	334,000	520,000	780,000	1,130,000
Shear Strength	psi	D732						
Yield		8,000	8,000	—	8,500	10,000	10,900	11,000
Ultimate		10,000	10,000	8,500	—	—	—	—
Shear Modulus	psi		114,000	114,000	—	147,000	203,000	280,000
Izod Impact	ft.-lbs./in.	D256						
Notched, W Thick		12-16	12	14	2	2	2	2.5
Unnotched, W Thick		No Failure	No Failure	No Failure	40	19	21	24
Tensile Impact	ft.-lbs./in. <sup>3</sup>	D1822						
B Type		225-300	250	200	75	30	32	35
Falling Dart Impact	ft.-lbs.	—	>125	>125	>125	>75	2.5-5	3-5
W Thick								
Fatigue Strength	psi	D671	1,000	1,000	1,000	2,000	5,000	6,000
@ 2,500,000 cycles		D785						
Rockwell Hardness								
M		70	70	68	66	91	92	93
R		118	118	118	124	122	120	119
Deformation Under Load	%	D621						
4000 PSI @ 73°F		2	2	2	2	.18	.18	.18
4000 PSI @ 158°F		3	3	—	.4	.22	.22	.18
Taber Abrasion	Mg Loss Per 1,000 cycles	D1044	10	10	20	11	17	24
								32

Technical Assistance



# Industrias Plásticas **IMPACTO, S.A.**

MANUFACTURA DE MOLDES Y TROQUELES  
MAQUILA EN INYECCION DE PLASTICOS

AV. R. S. CALLES No. 185A  
COL. LOS REYES OTZAGUALA  
MEXICO, D.F.

TELEFONO  
551-14-18  
FAX 551-14-18

México, D.F., 7 de Febrero de 1994.

PRE SUPUESTO sus se presen e AMEEM, con domicilio en Centro de Egresos No. 3 Insurgentes Exteriores México D.F., Tel. 563 90-93 y 611-10-09 FAX 574-62-06, ATN. SR. ALBERTO CHALLS RIBA MARTINEZ, - por la fabricación del siguiente trabajo:

Por la fabricación de un molde en función de Zamac de una cavidad para (láminas) pirilicas, para inyectar un Casco para automóvil, según muestra e incidencias . . . . . \$ 23,000.00

Por la fabricación de un molde en función de Zamac de una cavidad para (láminas) pirilicas, para inyectar un Casco para el Casco de Bombero, según muestra e incidencias . . . . . \$ 16,000.00

TIPO DE MATERIAL DE C. 70-80% AL-15% 60 piezas h. Bóiles a partir de la fecha e su orden de trabajo.

El Cliente proporcionará los moldes para la fabricación de las piezas como se mencionados.

MAQUILA del Casco para Bombero, Inyectado en Material Al-15% 60 con un peso aproximado de 420 gr. Material No. . . . . 9.25  
Peso de Cero . . . . . 4.50  
Precio de venta por pieza . . . . . \$ 13.75

MAQUILA de la Cereza para Casco de Bombero, Inyectado en Material Zamac con un peso aproximado de 120 gr. Material No. . . . . 2.20  
Peso de Cero . . . . . 1.80  
Precio de venta por pieza . . . . . \$ 4.00

Esta Cotización es por un finac de 5000 piezas de cada uno de las piezas según incidencias.

Se regulará el 50% del importe de su trabajo como anticipo, referándose el resto a la entrega satisfactoria del mismo.

En esta Cotización no se incluye en cuanto el 10% de

# Industrias Plásticas **IMPACTO, S.A.**

MANUFACTURA DE MOLDES Y TROQUELES  
MAQUILA EN INYECCION DE PLASTICOS

AV. R. S. CALLES No. 185A  
COL. LOS REYES OTZAGUALA  
MEXICO, D.F.

TELEFONO  
551-14-18  
FAX 551-14-18

- 2 -

I.V.A., mismo que se anotará en la Factura correspondiente.

La Presente Cotización está de acuerdo con los precios que, tienen actualmente los materiales y vendiéndose obra en el extranjero, por lo que sólo aplica a los cambios que operan los costos de dichos materiales.

La producción producto de esta cotización será entregada a, grenel y en base de polistilenc en nuestra planta.

Sin más de momento y en espera de sus ordenes, quedamos a su orden suscribiéndonos de Ud. como su Atto. y S.S.

ATESTAMENTE

  
Gerente General.

BSC/rsp.



**ARA-SHIELD\***  
**Polymer-coated Kevlar® reinforcement**  
**fabric for outer shells.**

<b>PHYSICAL PROPERTIES</b>	
<b>WEIGHT (oz./sq.yd.)</b>	<b>22.0</b>
<b>WIDTH (in.)</b>	<b>60</b>
<b>FACE COATING</b>	<b>HIGH SOLIDS POLYMER</b>
<b>SUBSTRATE</b>	<b>8.5 oz./sq.yd. 100% KEVLAR TWILL</b>
<b>LAUNDRY SHRINKAGE (WxF, %)</b> 10x, AATCC 135	<b>1.2 x 1.8</b>
<b>TRAPEZOIDAL TEAR (WxF, %)</b> NPPA 1971	<b>65.0 x 50.0</b>
<b>THERMAL SHRINKAGE 500° F (WxF, %)</b> NPPA 1971	<b>0.0 x 0.0</b>
<b>HEAT RESISTANCE 500° F</b> NPPA 1971	<b>NO MELT, DRIP, SEPARATION, IGNITION</b>
<b>VERTICAL FLAMMABILITY FTMS 191A-5903</b>	
<b>AFTER FLAME (WxF, sec.)</b>	<b>0.0x0.0</b>
<b>CHAR LENGTH (WxF, in.)</b>	<b>0.5x0.5</b>

Ara Shield® is a registered trademark of Southern Mills, Inc.  
 Kevlar® is a Du Pont registered trademark for its aramid fiber. Only Du Pont makes Kevlar.

To the best of our knowledge, the information contained herein is accurate. However, Southern Mills assumes no liability for its accuracy or completeness. Users of any publications must verify information by independent investigation. Not all required uses are listed. We have described certain features, but we can not guarantee that these are the only features which exist.

**Southern Mills**

Southern Mills, Inc.  
 6601 Mast Boulevard  
 Union City, Georgia 30091  
 (404) 968-1000 / (800) 241-8830



**Southern Mills. Your Partner in Protection.**



VULCANO S.A. DE C.V.  
SOCIOS: LA SRA.  
MARIANA DE LOS RIOS Y DON  
ALBERTO DE LOS RIOS DE COYACOS MALI  
LICO S.C.

TELÉFONO:  
45751 210 500  
FAX: 45751 210 500

D. J. Mauricio Hoyarín Chávez  
Facultad de D. S. S.  
UNAM

Agosto 11, 1993

Estimado Sr. Chávez,  
En continuación al permiso presentarle la  
selección de nuestras telas Nomex IIIA en la fabricación  
de ropa de protección antifuego.  
Todos los productos que le presento a continuación son fabricados con  
la tecnología Nomex y su denominación varía únicamente  
dependiendo del peso de la tela y el tipo de tejido.

PRODUCTO: Defen. 40  
PESO: 4.5 gr/mq. yd. tejido plano  
FRACCIÓN: \$20.39 US/m

PRODUCTO: Defender 750  
PESO: 7.5 gr/mq. yd. tejido plano  
FRACCIÓN: \$21.84 US/m

PRODUCTO: Knolst 75  
PESO: 7.5 gr/mq. yd. tejido Rip Stop  
FRACCIÓN: \$21.84 US/m

Los materiales vienen en rollos de 40 plg. (102 cm) de  
ancho. Los precios que le muestro son en dólares en frontera, este  
tipo de precio tiene un avance de 10%, y corresponde a la fracción  
\$1.021.10.02

Con respecto al Coratex, Dupont no vende este producto, pueden  
contactarse con el Sr. Kevin E. Smith al 951322733-48-80, quien trabaja en  
México para la compañía.

Sin más por el momento, quedo a su disposición para cualquier aclaración.

Atentamente  
Ing. Laura Alvarado A.

COMARSA S.A. DE C.V. - CALLE DE LOS RIOS, ESTACION ALVARADO



TABLA 1

conductores de autobuses y camiones mexicanos.  
Estudio Antropométrico.

Dimension Corporal (cm).	Min.	Max	d. s	Percentiles							
				1	5	25	50	75	95	99	
PESO (Kg)	53	102.5	11.75	44.2	52.23	63.63	71.62	79.61	91.	98.99	
1. Estatura s/zapatos	154.2	181.8	5.97	151.6	155.7	161.5	165.5	169.8	175.4	179.5	
2. Estatura c/zapatos	158.3	183.5	5.97	154.9	159	164.8	168.8	172.9	178.7	182.8	
3. Altura hombro	125	152.8	5.43	124.9	128.6	133.9	137.6	141.3	145.5	150.2	
4. Altura Codo	92.2	114	4.23	93.2	96	100.1	103	105.9	110	112.9	
5. Alcance brazo (Anterior)	73.9	94.1	4.03	75.4	78.1	82	84.8	87.5	91.4	94.2	
6. Ancho brazo	78.5	93	3.23	78.3	80.5	83.7	85.9	88.1	91.2	93.4	
7. Profundidad Abdominal.	21.3	36.7	3.19	20.1	22.2	25.3	27.5	29.7	32.8	34.9	
8. Ancho pecho	28.6	36.4	2.44	29.1	30.7	33.1	34.8	36.4	38.8	40.4	
9. Circunferencia Pecho	82.5	118.5	7.28	82	86.7	94	99	103.9	111.1	115.9	
10. Profundidad pecho	20.9	30	2.10	20.2	21.8	23.8	25.1	26.5	28.5	29.9	
11. Ancho hombros	37.9	48.9	1.92	37	38.9	40.1	41.4	42.7	44.6	45.9	
12. Ancho codos (normal)	42.8	60.5	4.15	42.2	45	49	51.9	54.7	58.7	61.5	
13. Ancho codos (total)	80.4	97.3	4.01	79.1	81.8	85.7	88.4	91.2	95	97.8	
14. Ancho cintura	24.8	39.2	3.00	25.1	27.2	30.1	32.1	34.2	37.1	39.1	
15. Dist. codo dedo medio	40.1	49.1	2.04	39.8	41.2	43.2	44.6	46	48	49.4	
16. Ancho mano s/pulgar	7.7	9.6	0.38	7.7	7.9	8.3	8.6	8.8	9.2	9.4	
17. Ancho mano c/pulgar	9.2	11.3	1.09	7.4	8.2	9.2	10	10.7	11.7	12.5	
18. Largo mano	16.6	20.3	0.82	16.3	16.9	17.7	18.2	18.8	19.6	20.2	
19. Ancho rodillas	20	32.9	2.51	19.1	20.2	23.2	24.9	26.6	29.1	30.8	
20. Circunferencia cabeza	54	82.2	1.60	53.4	54.5	56	57.1	58.2	59.8	60.8	
21. Altura cabeza	20.8	26.1	1.07	21.4	22.1	23.1	23.9	24.6	25.6	26.3	
22. Altura sentado	79.7	95.1	3.33	77.9	80.2	83.4	85.7	87.9	91.2	93.4	
23. Altura ojos	60	82.6	3.53	65.3	67.7	71.1	73.5	75.9	79.3	81.7	
24. Dist. hombro-codo	29.5	40.6	1.86	30.6	31.9	33.7	35	36.2	38	39.3	
25. Altura hombro	51.8	65.1	2.71	51.5	53.4	56	57.8	59.7	62.3	64.2	
26. Altura codo	18.5	28.9	2.88	18.2	18.1	20.9	22.9	24.8	27.6	28.5	
27. Ancho cadera	30.5	43.2	2.48	29.5	31.2	33.6	35.3	37	39.4	41.1	
28. Altura rodilla	47.2	57.7	2.29	48.8	48.3	50.6	52.1	53.7	55.9	57.5	
29. Dist. glúteo rodilla	45.3	64.9	3.02	50.8	52.8	55.8	57.8	59.9	62.8	64.8	
30. Dist. glúteo región poplitea	42.8	54	2.66	41.4	43.3	45.8	47.7	49.4	52	53.8	
31. Altura poplites	33.3	44.8	2.38	35.5	35.1	37.4	39.1	40.7	43	44.8	
32. Altura muslo	12.9	21	1.36	12.4	13.4	14.7	15.6	16.5	17.9	18.8	
33. Largo pie s/zapato	22.6	27.5	1.12	22.2	23	24	24.8	25.6	26.7	27.4	
34. Ancho pie s/zapato	8.1	10.4	0.47	8.2	8.5	8.9	9.3	9.6	10	10.4	
35. Largo pie c/zapato	24.6	30.8	1.34	24	24.9	26.2	27.2	28.1	29.4	30.3	
36. Ancho pie c/zapato	9.2	11.9	0.58	8.7	9.1	9.7	10.1	10.5	11	11.4	
37. Diámetro de empuñadura	2.4	4.2	0.34	2.6	2.6	3.1	3.4	3.6	3.9	4.2	



**TABLA 2**

datos antropométricos de e.e.u.u., francia, Inglaterra y méxico.  
(Promedio en cm.)

	Esta- tura	Ancho Hom- bros	Altura Sen- tado	Altura ojos Sen- tado	Al- canca Brazos	Altura Popl- teo	Dist. Glut. Rodilla	Dist. Codo Dedo med.	Largo Pie	Ancho Pie
U.S.A. Male and Female PHysical Dimension. SAE J 833 a 1980.	173.5	45.5	90.7	80.0		43.9	59.2	48.0	26.7	9.7
McFarland, Damon y Stout Physique of Bus and Ylucck Drivers 1955.	173.7	46.5	98.1	75.2	90.7		59.7	47.8	26.4	10.2
Dimensiones del Usuario Frances - 1961 Alain Wisnar. Ergonomia 1.	170	45	89	78	84	41	60	47	27	10
Estimación de la población Inglesa. K. F. H. Murrell - 1965	175.2	45.7	91.4	80.0		41.9	59.7	47	26.7	
Stoudt, Damon, McFarland y Roberts. National Health Survey 1962. U.S.A.	174.2		87.1	81.1		43.9	59.4		27.1	9.8
Conductores de Autobuses Mexicanos. 1981	165.6	41.4	85.7	73.5	84.8	39	57.8	44.6	24.8	9.3

