



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Ingeniería Naval

ANTEPROYECTO DE UNA EMBARCACION CONSTRUIDA EN POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO NAVAL
MENCIÓN: ARQUITECTURA NAVAL**

**PROFESOR PATROCINANTE:
SR. RICHARD LUCO SALMAN
DR. INGENIERO NAVAL**

**ALEXIS FABIAN SAN MARTIN POZO
Valdivia - Chile
2007**

Esta Tesis ha sido sometida para su aprobación a la Comisión de Tesis, como requisito para obtener el grado de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería.

La Tesis aprobada, junto con la nota de examen correspondiente, le permite al alumno obtener el título de **Ingeniero Naval**, mención **Arquitectura Naval**.

EXAMEN DE TITULO:

Nota de Presentación	(Ponderada) (1)	:	4,04
Nota de Examen	(Ponderada) (2)	:	1,20
Nota Final de Titulación	(1 + 2)	:	5,24

COMISION EXAMINADORA:

Rogelio Moreno Muñoz

DECANO



FIRMA

Richard Lico Salmen

EXAMINADOR

FIRMA

ELIAS CARRASCO M.

EXAMINADOR

FIRMA

HECTOR LEGUE L.

EXAMINADOR



FIRMA

XIMENA M. LOSOS S.

SECRETARIO ACADEMICO

FIRMA

Valdivia, 23 ABRIL 2007

Nota de Presentación	= NC/NA * 0,6 + Nota de Tesis * 0,2
Nota Final	= Nota de Presentación + Nota Examen * 0,2
NC	= Sumatoria Notas de Currículo, sin Tesis
NA	= Número de asignaturas cursadas y aprobadas, incluida Práctica Profesional.

INDICE

INTRODUCCIÓN

RESUMEN

CAPITULO I: POLIETILENO

1.1	El Polietileno	01
1.2	Características del Polietileno	02
1.3	Especificaciones Técnicas del Polietileno	02
1.4	Aplicaciones	03
1.5	Soldadura	03
1.5.1	Soldadura por Extrusión	03
1.5.2	Soldadura a Tope	04
1.5.3	Soldadura por Electrofusión	04
1.5.4	Soldadura tipo Soquete (socket)	04
1.6	Inspección de Soldadura	05
1.6.1	Resistencia a la Tracción	05
1.6.2	Radiografías	05
1.6.3	Tintas Penetrantes	05
1.6.4	Ultrasonido	06

CAPITULO II: DESCRIPCIÓN DE LA EMBARCACIÓN

2.1	Perfil de Misión	08
2.1.1	Misión de la Embarcación	08
2.1.2	Zona de Operación	08
2.1.3	Radio de Acción	09
2.1.4	Capacidad de Pasajeros	09
2.1.5	Velocidad de servicio	09
2.1.6	Requerimientos de confort	09
2.2	Especificaciones técnicas	09
2.2.1	Requerimientos de construcción.	09
2.2.2	Casco y superestructura.	10
2.2.3	Cubierta.	10
2.2.4	Materiales de construcción	10

CAPITULO III: ANTEPROYECTO DE DISEÑO

3.1	Elección de formas del casco	11
3.1.1	Requerimientos del armador	11
3.1.2	Condiciones de navegación	11
3.1.3	Requerimientos de construcción	11
3.2	Selección tentativa de dimensiones	12
3.3	Asignación de espacios	13
3.4	Características hidrostáticas	14
3.4.1	Curvas hidrostáticas	14
3.4.2	Tabla, valores hidrostáticas	14
3.4.3	Grafico curvas hidrostáticas	15
3.4.4	Curvas cruzadas	16
3.4.5	Tabla valores cruzadas	16
3.4.6	Grafico curvas cruzadas	17
3.5	Escantillonado	18

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

4.1	Estimación de pesos y centros de gravedad	19
4.1.1	Desplazamiento liviano	19
4.1.2	Peso muerto	19
4.1.3	Cálculo del desplazamiento liviano	20
4.1.4	Cálculo del peso muerto	21
4.1.5	Centro de gravedad y peso muerto	21
4.1.6	Centro de gravedad y peso de la embarcación	22
4.2	Cálculo de potencia propulsora	23
4.3	Resistencia y potencia para embarcación	25
4.4	Selección del motor	27
4.5	Cálculo del propulsor	28
4.5.1	Sistema de propulsión completo	28
4.6	Análisis preliminar de la estabilidad	30
	transversal y longitudinal	
4.6.1	Condiciones de carga a examinarse.	31

CAPITULO V: COSTOS DE LA EMBARCACIÓN

5.1	Estimación de costos	38
5.2	Estimación de costo de materiales	38
5.3	Estimación de costo H-H	39
5.4	Estimación de costo de equipamiento	39
5.5	Equipamiento de acomodaciones, varios	39
5.6	Instrumentos electrónicos y de navegación	40
5.7	Cuadro resumen estimación costos equipamiento	40
5.8	Estimación de costo de la embarcación	40
	Conclusión	41
	Bibliografía	42
	Anexos	43

RESUMEN

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo analizar para su construcción una embarcación con un material no tradicional utilizando polietileno de alta densidad.

Para esto se consideran y analizan las características, especificaciones técnicas y aplicaciones del polietileno. Se entrega una descripción de la embarcación, tal como perfil de misión, velocidad de servicio, materiales de construcción, entre otros.

Se desarrolla un diseño, determinando formas, asignación de espacios, desplazamientos y potencia necesaria.

Finalmente se entregan cálculos relacionados con el análisis de estabilidad y costos de la embarcación.

SUMMARY

The present thesis work must like objective analyze for its construction a boat with a nontraditional material using HD polyethylene.

For this the characteristics are considered and analyzed, engineering specifications and applications of polyethylene. One gives to a description of the boat, as profile of mission, speed on watch, construction equipments, among others.

It is developed to a design, determining forms, allocation of spaces, displacements and necessary power.

Finally the analysis of stability and costs of the boat are given to calculations related to.

INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías han desarrollado materiales con propiedades superiores, haciendo de éstos una alternativa de construcción a los ya tradicionales, y siendo aplicados a los más diversos campos.

Uno de los objetivos es utilizar un material con mejoras en sus propiedades y que a su vez implique un ahorro, no solo en relación a sus costos de construcción si no también de mantención.

Para lo cual se utilizará como material polietileno de alta densidad.

CAPITULO I

1.1 El Polietileno

En 1933, químicos ingleses buscaban convertir el etileno en combustible para motor, el cual no tuvo éxito, sin embargo Fawcett describió una serie de métodos patentados para producir sólidos mediante la polimerización del etileno bajo condiciones apropiadas de temperatura y presión, descubrieron que el gas etileno polimerizaba bajo la acción de presión y calor, formando un termoplástico al que llamaron polietileno¹.

El etileno es una molécula constituida por dos átomos de carbono y cuatro átomos de hidrógeno y es la molécula básica de muchos plásticos. A estas pequeñas moléculas se les llama monómeros, que se combinan para formar moléculas mayores llamadas polímeros.

Del etileno a alta presión se obtiene el polietileno de baja densidad (LDPE, Low Density Poly Ethylene) que se utiliza para el embalaje y bolsas. Por el procedimiento a baja presión se obtiene del mismo etileno el Polietileno de alta densidad (HDPE, Hight Density Poly Ethylene), mucho más sólido y rígido con una resistencia química superior, y de uso industrial, el cual se comenzó a desarrollar desde 1953.

Internacionalmente se llaman polietileno de baja densidad a los de estructuras ramificadas, y polietileno de alta densidad a los de cadena lineal o estructura cristalina.

Según su comportamiento bajo los efectos del calor, los plásticos se pueden clasificar en termoplásticos, termoestables y elastómeros.

El polietileno pertenece a los termoplásticos, los cuales se pueden fundir para dar formas. Los termoplásticos al ser calentados aumentan la energía de sus moléculas y se reducen las fuerzas de atracción entre ellas, de esta forma se vuelven más deformables o plásticos. Una vez enfriados recuperan sus propiedades mecánicas por lo tanto pueden ser reciclados, por lo demás pueden ser auto soldables².

Debido a su gran facilidad de extrusión para filmes, los polietilenos son muy utilizados para recubrimientos de otros materiales, papel, cartón, aluminio y para embalajes (fundas de plástico). Ver anexo "A".

¹ James Garratt: Diseño y tecnología, editorial Akal

² <http://www.erres.org.uy/plastico.htm>

1.2 Características del Polietileno

- Buenas Propiedades Mecánicas
- Durables y resistentes a la corrosión, pudiendo agregarse aditivos para hacerlos resistente a los rayos UV
- Inercia química, no tiene polaridad
- Aislantes, del frío y calor
- Excelente aislamiento eléctrica
- No absorbe humedad
- No requieren mantenimiento, pinturas
- Son livianos, bajo peso especifico en comparación a otros materiales

1.3 Especificaciones Técnicas del Polietileno³

El Polietileno es un material termoplástico con diferentes características, las cuales dependen de su estructura molecular y se definen como polietilenos de baja, media y alta densidad. Las densidades son 0.91-0.93 gr/cm3, 0.93-0.94 gr/cm3 y 0.96 gr/cm3 respectivamente⁴.

PROPIEDADES HDPE			
Propiedad	Unidad	Valor	Norma
Densidad	g/cm³	0.945 - 0.955	DIN 53479
Propiedades mecánicas			
Tensión de tracción (rango elástico)	N/mm²	22	DIN 53735
Elongación límite (rango elástico)	%	15	R 527
Resistencia a la rotura	N/mm²	32	
Alargamiento de rotura	%	> 800	
Tensión limite de flexión	N/mm²	28	DIN 53452
Modulo de resistencia a la torsión	N/mm²	240	DIN 53477
Dureza de bola	N/mm²	40	DIN 53456
Dureza Shore D	-	60	DIN 53505
Resistencia al impacto con entalladura	mJ/mm²	15	DIN 53453
Resistencia al impacto con entalladura, a + 23° y -40° C.	mJ/mm²	sin rotura	DIN 53453
Propiedades térmicas			
Coeficiente medio de dilatación lineal entre 20 y 90° C.	Mm/m x °C.	0.17	DIN 52328
Conductividad térmica a 20° C.	w/m x K	0.43	DIN 52612

Tabla N°1

³ Especificaciones Técnicas HDPE, Plastecnia, www.plastecnia.cl.

⁴ Ibid.

1.4 Aplicaciones

Su principal uso es en tuberías destinadas a la minería, se utiliza en la conducción de relaves, soluciones ácidas y alcalinas, concentrados y procesos de lixiviación, en el sector pesquero para jaulas de cultivo, descargas y transporte de agua, para el uso sanitario en redes de agua potable y alcantarillado en general se utiliza también en telefonía, protección de cables eléctricos, conducción de líquidos y gases a baja temperatura, bolsas, geomembranas, paneles y construcciones de estanques.

1.5 Soldadura

Para realizar este proceso existen diferentes técnicas, para realizarlas manualmente existen en el mercado máquinas soldadoras automáticas y semiautomáticas, actualmente estas cuentan con las siguientes características:

- medición de temperatura ambiente mediante sonda térmica
- regulación de la tensión de la soldadura
- conexión de impresora serial para registrar protocolos de soldadura
- programación manual del ciclo mediante implantación de los parámetros tiempo/tensión⁵.

A nivel nacional existen organismos técnicos de capacitación (OTEC) los cuales imparten cursos de técnicas de soldadura de polietileno, estos deben cumplir con la norma Nch 2728. El proyecto de soldadura se realizara bajo la norma de DVS 2207 parte 3 “Welding of thermoplastic” (German Welding Society), soldadura de termoplasticos. Ver Anexo “B”.

A continuación se describen métodos para soldaduras.

1.5.1 Soldadura por Extrusión

La soldadura por extrusión se logra con el aporte de material a las uniones, esta se ejecuta mediante una soldadora guiada manualmente, la cual cuenta con una cámara de fusión del material de aporte, una boquilla de extrusión para el material de aporte y una boquilla de precalentado de la superficie. Este material de aporte puede ser en forma de rodón o

⁵ Catalogo Elofit, p. 51, Ene 2004.

granulado y es ingresado a la cámara de fusión por medio de un tornillo sin fin y fluye hasta la boquilla de extrusión⁶.

Para las tuberías de polietileno existen variados métodos de unión, dependiendo de las necesidades o requerimientos, estos se basan en el proceso de termofusión y consiste en someter los materiales a unir, a una temperatura y tiempo determinado, para lograr la fusión, luego por medio de presión son unidos, al enfriar se obtiene un cuerpo único que mantiene las propiedades y características originales.

1.5.2 Soldadura a Tope

Uno de los sistemas más utilizados, este se aplica a tuberías de un mismo diámetro y mayores a 63 mm., para lo cual utiliza una máquina de fuerza, la que sostiene y alinea los tubos y aplica una presión entre ambos, cuenta con un disco de soldadura o placa calefactora, generalmente de aluminio y con resistencias eléctricas embutidas y un refrentador, el que cuenta con laminas de corte para dejar paralelas las superficies de tope de las tuberías⁷. Norma de instalación DVS 2207

1.5.3 Soldadura por Electrofusión

Para este tipo se utilizan fittings especiales, los que cuentan con una resistencia eléctrica interna con forma de espiral, estas son conectadas a terminales en la parte exterior de la pieza, y se les aplica una descarga eléctrica de intensidad y tiempo controlado, logrando que la superficie interna y externa se fundan logrando su unión, la cual es muy eficaz y segura, aplicada principalmente en conductos para gas⁸.

1.5.4 Soldadura tipo Soquete (socket)

Para este tipo se utiliza una conexión, la cual se une a la tubería mediante presión, esta unión se hace a través un dispositivo calefactor con temperatura controlada, con molde hembra y macho antiadherente, se utiliza para tuberías de hasta 125 mm. de diámetro⁹.

⁶ www.wegenerwelding.com

⁷ Especificaciones Técnicas HDPE, Duratec p 35.

⁸ op. Cit. p 37.

⁹ op Cit. p 39.

1.6 Inspección de Soldadura

Para realizar las inspecciones de soldaduras existen diferentes métodos, dependiendo de lo que se desee evaluar, ya sean discontinuidades o defectos de estas, asimismo pueden realizarse ensayos, destructivo y no destructivos, siendo la más simple y necesaria la inspección visual, la que debe realizarse por personal calificado y con experiencia¹⁰, según norma ISO 9712 “Calificación y certificación de operadores de ensayos no destructivos” y Nch 3254.

A continuación se indican los métodos.

1.6.1 Resistencia a la Tracción

Se realiza para determinar las propiedades mecánicas de las soldaduras de polietileno, para esto se somete a una carga axial de tracción y se obtiene un diagrama de esfuerzo v/s deformación, se aplica a uniones de soldadura a tope.

1.6.2 Radiografías

Estas son utilizadas para detectar discontinuidades sub superficiales en soldaduras de polietileno de alta densidad, la fuente radioactiva utilizada son los rayos gamma (iridio-192) y rayos x industrial.

1.6.3 Tintas Penetrantes

Se utilizan para detectar defectos superficiales en uniones soldadas, para esto se utilizan tintas penetrantes fluorescentes removibles con solvente, este método no es aplicable a las soldaduras por electrofusión, ya que los filamentos de cobre que contienen para producir la fusión alteran los resultados del ensayo y estos no son objetivos y aceptables.

El ensayo debe realizarse mediante la técnica de penetrantes fluorescentes removibles con solvente.

Las piezas son preparadas pasándole a estas una lija fina de manera que se encuentren completamente lisa, se limpia con solvente libre de residuos sólidos y la superficie es secada por aire a temperatura ambiente, completado este procedimiento se aplica el reactivo llamado penetrante permitiendo la entrada dentro a las fisuras abiertas a las superficies, este liquido se aplica por rociador a una distancia entre 20 y 50 cm. de la

¹⁰ Procedimiento de inspección en soldaduras de tuberías de polietileno de alta densidad, Revinca, 2004.

pieza a ensayar. El tiempo de penetración para este tipo de material debe ser de 5 min. Como mínimo y 30 min. como máximo.

Transcurrido el tiempo de penetración, se debe remover el exceso de líquido penetrante, teniendo cuidado de no remover el líquido de las discontinuidades.

La aplicación del revelador se hace sobre la pieza logrando una capa uniforme. El tiempo de revelado será de 7 min.

La interpretación se realiza observando la pieza ensayada durante la aplicación del revelador para visualizar el comportamiento de indicaciones que tienden a exudar profusamente. La interpretación final se realiza después de haber transcurrido de 7 a 30 min.

1.6.4 Ultrasonido

Este método no destructivo, utiliza las ondas de sonido de baja frecuencia, las cuales son producidas por equipos y no son perceptibles al oído humano y se basa en la impedancia acústica, la que se manifiesta como el producto de la velocidad máxima de propagación del sonido entre la densidad de un material, a través de este sistema se puede conocer la integridad del material en la soldadura, espesores, detectar fisuras superficiales y subsuperficiales y determinar características en su estructura, dependiendo del tipo de palpador utilizado, las frecuencias se seleccionan dentro de un rango de 0.25 hasta 25 MHz.

Requisitos y secuencias de la inspección.

Antes de iniciar una inspección por ultrasonido, es necesario definir los siguientes parámetros, a fin de hacer una correcta selección del equipo de trabajo:

- Cuál es el tipo de discontinuidad que puede encontrarse.
- Qué extensión y orientación puede tener en la pieza.
- Qué tolerancias se pueden aplicar para aceptar o rechazar la indicación.

En la inspección de soldaduras se utiliza generalmente el método de pulso-eco en la presentación SCAN-A. Este sistema (SCAN-A) utiliza un tubo de rayos catódicos que muestra la información del ensayo.

En la inspección por ultrasonido se utiliza por lo general ondas longitudinales (haz recto) u ondas transversales (haz angular). Las frecuencias más comúnmente utilizadas son de 1 a 5 MHz con haces de sonido o ángulos de 0°, 45°, 60° y 70°.

En la inspección con haz recto; el sonido transmitido perpendicularmente a la superficie de entrada del sonido.

Utilizando un block de referencia el cual cuenta con una discontinuidad artificial o natural de tamaño conocido, es posible calibrar el equipo y así calcular aproximadamente el tamaño de las discontinuidades detectadas.

Ver anexo “C” para morfología de la heterogeneidad e interpretación de las indicaciones.

VENTAJAS DEL ULTRASONIDO INDUSTRIAL.

- Se detectan discontinuidades superficiales y subsuperficiales.
- Puede delinarse claramente el tamaño de la discontinuidad, su localización y su orientación.
- Sólo se requiere acceso por un lado del material a inspeccionar.
- Tiene alta capacidad de penetración y los resultados de prueba son conocidos inmediatamente.

LIMITACIONES DEL ULTRASONIDO INDUSTRIAL.

- Está limitado por la geometría, estructura interna, espesor y acabado superficial de los materiales sujetos a inspección.
- Localiza mejor aquellas discontinuidades que son perpendiculares al haz de sonido.
- Las partes pequeñas o delgadas son difíciles de inspeccionar por este método.
- El equipo puede tener un costo elevado, que depende del nivel de sensibilidad y de sofisticación requerido.
- El personal debe estar calificado y generalmente requiere de mucho mayor entrenamiento y experiencia para este método que para cualquier otro de los métodos de inspección. La interpretación de las indicaciones requiere de mucho entrenamiento y experiencia de parte del operador.
- Requiere de patrones de referencia y generalmente no proporciona un registro permanente.

CAPITULO II

DESCRIPCION DE LA EMBARCACIÓN

2.1 Perfil de Misión

2.1.1 Misión de la Embarcación

La embarcación estará destinada al apoyo en el área de la acuicultura, tanto para transporte de personal, supervisión y vigilancia.

2.1.2 Zona de Operación

La zona de operación será a lo largo del estero de Reloncaví, comuna de Cochamó, provincia de Llanquihue, décima Región de los Lagos.

Fig.Nº1 Ubicación Geográfica estero de Reloncaví.



El estero tiene profundidades cercanas a los 500 m., la zona de operación tiene una longitud aproximada de 30 millas náuticas. Actualmente existen alrededor de 25 centros de cultivos de peces y una cantidad importante de cultivos de mitílidos.

2.1.3 Radio de Acción.

La embarcación contará con un radio de acción de 30 millas náuticas, permitiendo navegar a lo largo del estero Reloncaví sin dificultad desde Ralún hasta La Arena.

2.1.4 Capacidad de Pasajeros.

Tendrá una capacidad para 6 personas.

2.1.5 Velocidad de Servicio.

La embarcación deberá desarrollar una velocidad mínima de 22 nudos.

2.1.6 Requerimientos de confort.

Deberá cumplir la norma ISO 6954, referente a niveles de vibración, no superando los siguientes valores:

- 4 mm/s (O-p) para frecuencias sobre 5 Hz.
- 94,5 mm/s² (O-p) por frecuencias por debajo de 5 Hz.

El nivel de presión sonora no superara los 55 dB (A), según lo establecido por I.M.O. Regulación 468 (XII) “Código de niveles de ruido a bordo”.

Los niveles de ruido se medirán en la cabina durante las pruebas de mar con la embarcación navegando avante al 90% del MCR de la maquinaria propulsora.

2.2 ESPECIFICACIONES TECNICAS.

2.2.1 Requerimientos de construcción.

Todos los materiales utilizados en la construcción serán de primer uso y calidad comprobable mediante certificado de calidad, y mano de obra calificada.

La construcción del casco se realizará en polietileno de alta densidad.

Su estructura será completamente soldada mediante la norma DVS 2207 parte 3.

El sistema de construcción será de tipo transversal.

Deberá cumplir los criterios aplicables de Bureau Veritas, reglas para construcción de High Speed Craft.

2.2.2 Casco y superestructura.

El casco contará con división estanca mediante mamparos, en la zona del motor y el espacio destinado al estanque de combustible.

La cabina será de fibra de vidrio y se unirá mediante pernos a las cuadernas y cubierta.

Contará con un estanque de combustible con capacidad mínima de 300 litros, este será de polietileno de alta densidad.

2.2.3 Cubierta.

Constará con antideslizante en la cubierta, y barandas en caseta y popa, en esta zona tendrán una altura de 0,8 m.

2.2.4 Materiales de Construcción

La construcción del casco, su estructuras se realizará con planchas de polietileno de alta densidad.

Tubos de hdpe de 355 mm de diámetro.

Superestructura de plástico reforzado en fibra de vidrio.

CAPITULO III

ANTEPROYECTO DE DISEÑO

3.1 ELECCION DE FORMAS DEL CASCO

Este capítulo está orientado a buscar una forma adecuada y eficiente de la embarcación considerando los requerimientos del armador, es también necesario tener presente las condiciones de navegación en la zona de acción.

3.1.1 Requerimientos del armador.

Debe satisfacer las necesidades del armador como es el caso de autonomía, velocidad y capacidad.

3.1.2 Condiciones de navegación

En referencia a la zona donde navegará la embarcación, dependerá de algunos factores como; velocidad del viento, índice de oleaje, profundidades del fondo marino, entre otros, se deberá dar una forma adecuada al casco, por ejemplo la zona de proa, el francobordo, etc.

3.1.3 Requerimientos de construcción

Estos requerimientos tienen relación con la forma del casco, de manera que al ser proyectado y diseñado se considere un proceso de construcción lo menos dificultoso posible.

3.2 SELECCIÓN TENTATIVA DE DIMENSIONES

La embarcación a proyectar será de polietileno, las embarcaciones bases son del mismo material y características similares, todas construidas por Polarcirkel, de su relación eslora manga, para una eslora dada obtendremos la manga.

Emb. Base	Eslora (m)	Manga (m)	Puntal (m)
Cabin 7,9	7,7	2,6	1
Cabin 6	5,8	2,5	1
Cabin 8.2	7,9	2,7	1

Tabla N° 2

Fig. N°2 Cabin 6



www.Polarcirkel.com

Fig. N°3 Cabin 7,9



www.Polarcirkel.com

Fig. N°4 Cabin 8.2



www.Polarcirkel.com

De estos datos las dimensiones principales para nuestra embarcación quedan definidas:

- $L_T = 7,1 \text{ m.}$
- $B = 2,6 \text{ m.}$
- $D = 1,0 \text{ m.}$

El casco de la embarcación será en V, con un motor. Definidas las dimensiones principales se da paso a la realización del plano de formas, basándonos en embarcaciones similares.

Para esto se utilizará el software Maxsurf versión 8.5 (Licencia Universidad Austral de Chile), y así definir completamente las características de la embarcación, estas son:

$$L_T = 8,0 \text{ m.}$$

$$L_{pp} = 6,53 \text{ m.}$$

$$B = 2,955 \text{ m.}$$

$$T = 0,5 \text{ m.}$$

$$D = 1,0 \text{ m.}$$

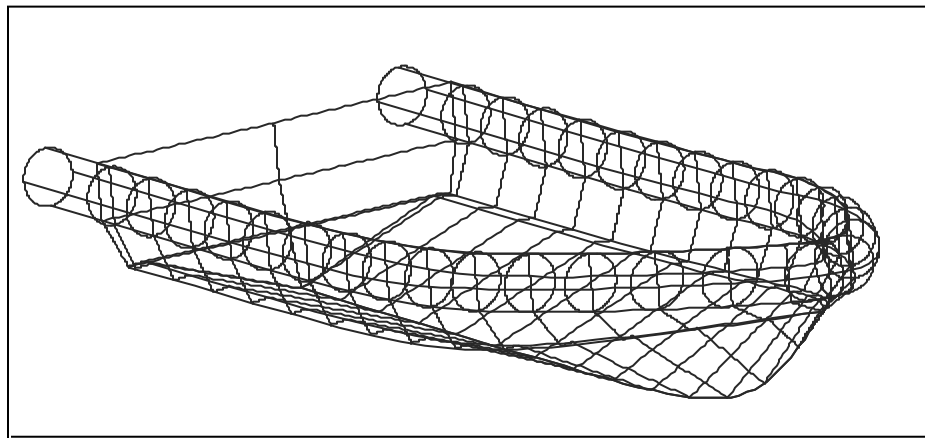
$$\Delta = 1,140 \text{ ton.}$$

$$L/B = 2,66$$

$$L/D = 8,00$$

$$B/T = 5,91$$

Fig. N°5 Modelo 3D



3.3 ASIGNACION DE ESPACIOS

Las acomodaciones serán para 6 personas en total, contando con dos asientos individuales y dos abatibles para dos personas cada uno.

Se considera espacio para un motor, uno para el estanque de combustible, un compartimiento destinado para bodega y un pique de proa, se adjunta plano en anexo "D".

3.4 CARACTERISTICAS HIDROSTATICAS

La obtención de las características hidrostáticas se calcularon a partir del plano de formas de la embarcación por medio del software Hydromax versión 8.5 (Lic. UACH). De las curvas hidrostáticas y curvas cruzadas, se logra evaluar de manera preliminar la estabilidad de nuestra embarcación.

3.4.1 Curvas Hidrostáticas

Las curvas hidrostáticas fueron calculadas para diferentes calados, hasta 0,8 metros, obteniendo datos como desplazamientos para los diferentes calados, además de LCF y LCB y toneladas por centímetro de inmersión entre otras, se presenta los resultados de las curvas hidrostáticas.

Curvas Hidrostáticas

Trimado fijo = 0 m.

3.4.2 Tablas Hidrostáticas

Draft Amidsh.	Desplaz.	WL L.	WL Beam	Sup.Mojada	Area WL	Block	Midship Area	Waterpl. Area	LCB to zero pt.	LCF to zero pt.
m	kg	m	m	m²	m²	Coeff.	Coeff.	Coeff.	m	m
0,10	131	5,476	0,589	2,854	2,641	0,397	0,5	0,819	3,094	3,167
0,20	556	5,878	1,178	6,098	5,568	0,391	0,5	0,804	3,164	3,235
0,30	1272	6,142	1,767	9,322	8,58	0,381	0,5	0,791	3,233	3,273
0,40	2337	6,352	2,401	13,348	11,991	0,374	0,498	0,786	3,245	3,298
0,50	3629	6,532	2,482	15,063	13,242	0,437	0,582	0,817	3,294	3,425
0,60	5040	6,699	2,563	16,881	14,283	0,477	0,634	0,832	3,342	3,496
0,70	6029	7,506	2,859	30,73	26,999	0,205	0,291	0,659	3,467	3,196
0,80	6181	7,641	2,952	36,664	30,98	0,178	0,242	0,73	3,588	3,453

Tabla N°3

Draft Amidsh.	KB	BMt	BML	GMt	GML	KMt	KML	Immersion (TPc)	MCA	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)
m	m	m	m	m	m	m	m	tonne/cm	tonne.m	kg.m
0,10	0,067	0,503	40,118	0,571	40,186	0,571	40,186	0,027	0,008	1,308
0,20	0,135	0,988	22,715	1,122	22,85	1,122	22,85	0,057	0,019	10,884
0,30	0,202	1,481	16,403	1,684	16,606	1,684	16,606	0,088	0,032	37,387
0,40	0,271	2,132	12,905	2,403	13,176	2,403	13,176	0,123	0,047	98,02
0,50	0,335	1,669	9,994	2,004	10,33	2,004	10,33	0,136	0,057	126,919
0,60	0,395	1,387	8,396	1,783	8,792	1,783	8,792	0,146	0,068	156,799
0,70	0,435	2,648	11,763	3,083	12,198	3,083	12,198	0,277	0,113	324,397
0,80	0,442	3,08	14,801	3,522	15,243	3,522	15,243	0,318	0,144	379,891

Tabla N°4

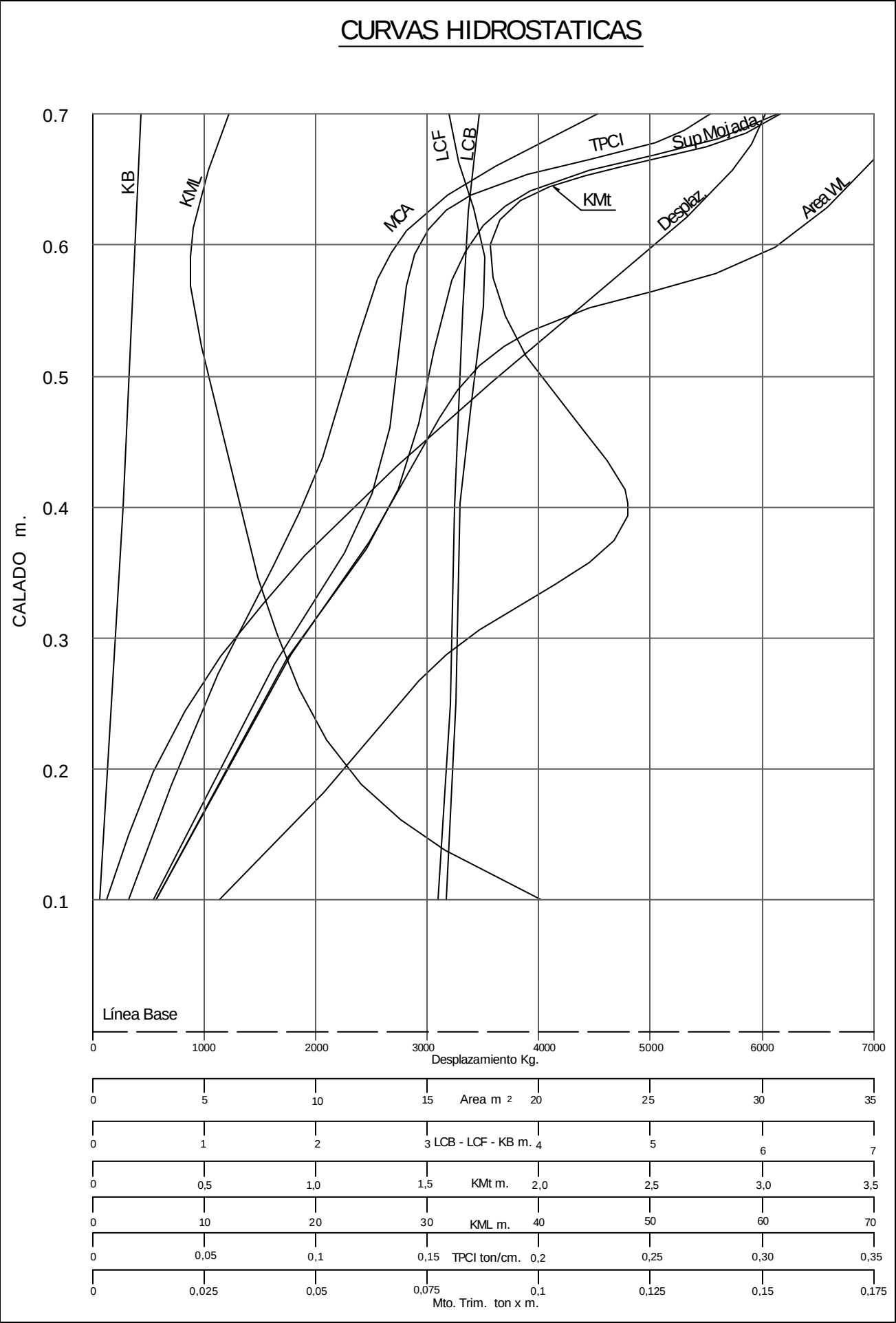


Grafico N°1

3.4.4 Curvas Cruzadas

Estas curvas nos indican el brazo adrizante de la embarcación, para distintos desplazamientos, en distintos ángulos de escora.

Debido a que no se conoce con exactitud la posición del centro de gravedad, ya que depende de la distribución de pesos, se hace una suposición del centro de gravedad en el punto mas bajo de las formas del casco (quilla), donde denominamos este punto con la letra K, por lo tanto nuestro supuesto brazo adrizante será KN, y así generamos el plano de curvas cruzadas, para cualquier condición de carga. Luego una vez conocido el centro de gravedad de la nave, deberá realizarse la siguiente corrección (figura 6).

$$GZ = KN - KG \text{ sen } \theta$$

Donde GZ = es el verdadero brazo adrizante.

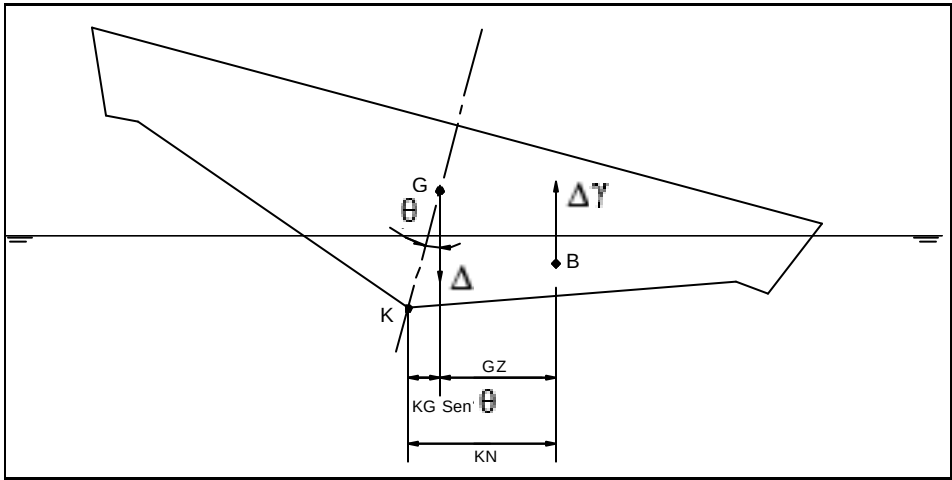


Fig. N°6

A continuación tabla y gráfico de curvas cruzadas para KG = 0.

Cálculo de KN – Curvas Cruzadas

Sin Trimado

Peso específico del agua = 1,025 (ton/m³)

3.4.5 Tabla, valores cruzadas

	Desplaz. kg	KN 5° m.	KN 10° m.	KN 15° m.	KN 20° m.	KN 30° m.	KN 40° m.	KN 50° m.	KN 60° m.
1	1000	0,136	0,306	0,467	0,616	0,748	0,722	0,710	0,660
2	1500	0,172	0,333	0,477	0,596	0,640	0,655	0,658	0,627
3	2000	0,186	0,341	0,477	0,550	0,572	0,599	0,602	0,582
4	2500	0,188	0,342	0,455	0,494	0,523	0,550	0,555	0,541
5	3000	0,186	0,337	0,413	0,434	0,475	0,504	0,513	0,507
6	3500	0,177	0,315	0,361	0,377	0,427	0,459	0,475	0,477
7	4000	0,168	0,276	0,302	0,325	0,377	0,414	0,437	0,448
8	4500	0,156	0,222	0,239	0,270	0,325	0,368	0,400	0,420
9	5000	0,127	0,157	0,178	0,210	0,270	0,321	0,363	0,393

Tabla N°5

3.4.6 Curvas Cruzadas

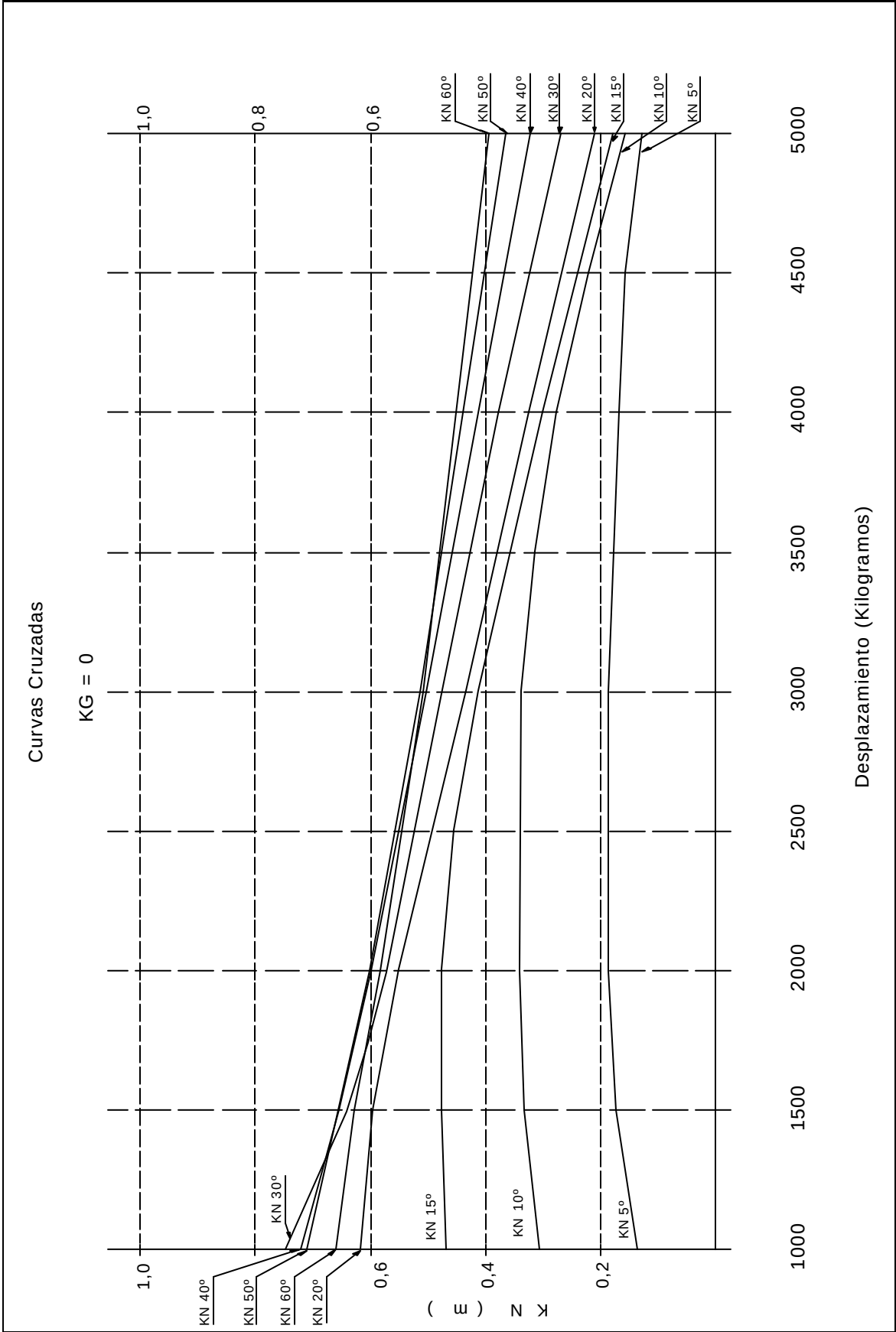


Grafico N°2

3.5 Escantillonado

Actualmente para la construcción de una embarcación con este material no existe información para realizar el escantillonado por medio de algún reglamento de casa clasificadora (ver anexo “E”).

La determinación del escantillonado se hará por similitud de embarcaciones existentes, las cuales han demostrado buenos resultados y sin problemas detectados, ver embarcaciones bases y anexo “E”.

DENOMINACION	MEDIDAS (mm)
RODA	Pl. 15
Planchas del fondo	Pl. 15
Planchas del costado	Pl. 15
Planchas de la cinta	Pl. 15
Planchas del espejo	Pl. 15
Quilla	Pletina 150 x 15
Longitudinales fondo	Pletina 70 x 15
Cuadernas	Pletina 100 x 15
Tubo Ø 355 mm	e = 17
Varengas	Pletina 100 x 15
Baos	Pletina 100 x 15
Vagras	15
Mamparos	Pl. 15
Refuerzos mamparos	Pletina 70 x 15
Planchas cubierta	Pl. 15
Longitudinales cubierta	Pletina 70 x 15

Tabla N°6

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

4.1 Estimación de Pesos y Centros de Gravedad

Esta estimación se hará para tener de forma mas precisa el desplazamiento de la embarcación en estudio en la etapa de anteproyecto.

El desplazamiento se divide en:

Desplazamiento liviano o desplazamiento en rosca.

Peso Muerto.

4.1.1 Desplazamiento Liviano

Es el peso de la embarcación completa, lista para navegar, sin combustible, por lo tanto representa el peso fijo de la embarcación.

Podemos dividir este desplazamiento en:

- Peso de embarcación.
- Peso de sala de máquinas.
- Peso de equipos e instalaciones.

4.1.2 Peso muerto

Es el peso variable de la embarcación, se consideran:

Peso del combustible.

Peso de las personas.

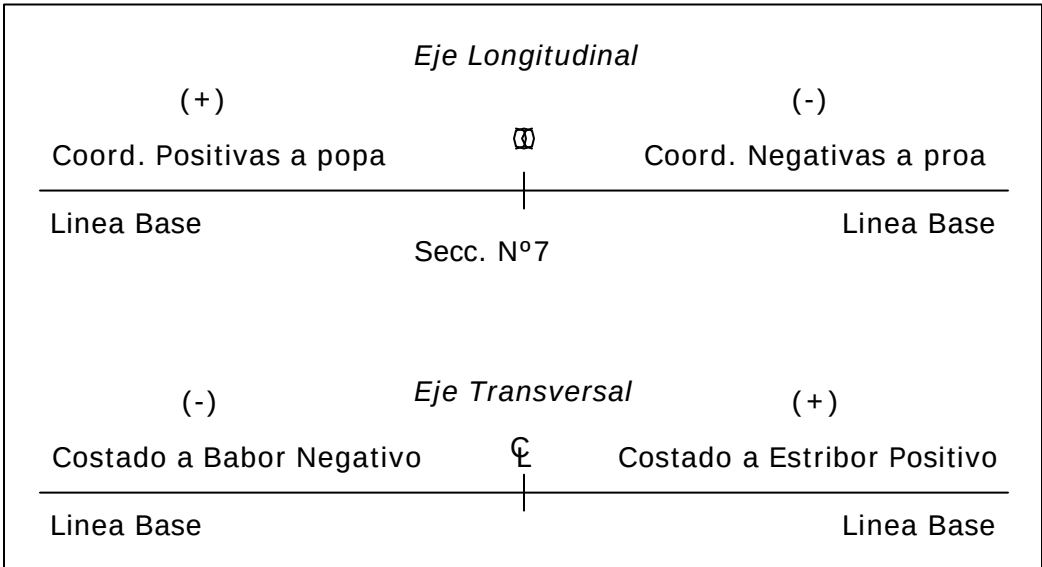
Siendo el desplazamiento total de la embarcación:

$$\Delta_T = \Delta_L + \Delta_w$$

4.1.3 Cálculo del desplazamiento liviano y centro de gravedad

A la determinación del peso de cada ítem, se realizará el cálculo de sus centros de gravedad respectivo, usando de referencia para las coordenadas verticales la línea base, y para las longitudinales la sección media, siendo positivo hacia proa y negativo a popa, según fig. N°6.

Fig. N°6 Referencia de coordenadas



ITEM	PESO	L.C.G.	MTO.LONG.	L.C.V.	MTO.VERT.
	(ton)	(m.)	(ton * m)	(m.)	(ton * m)
CASCO Y ESTRUCTURA	1,50	-0,51	-0,76	0,51	0,77
CASETA	0,23	-0,72	-0,16	1,10	0,25
MOTOR, WATER JET	0,35	-3,17	-1,11	0,30	0,11
DESPLAZAMIENTO LIVIANO	2,08		-2,04		1,12

Tabla N°7

L.C.G. (coord. Long. Centro Gravedad) = $X = \frac{\Sigma \text{Mto. Long.}}{\Sigma \text{Pesos}} = - 0,98 \text{ m.}$

V.C.G. (coord. Vertical Centro Gravedad) = $Y = \frac{\Sigma \text{Mto. Vert.}}{\Sigma \text{Pesos}} = 0,54 \text{ m.}$

4.1.4 Cálculo del peso muerto

Para encontrar el valor del peso muerto necesitamos determinar cada uno de los pesos que se mencionaron anteriormente:

- i) Peso del combustible.
 Estanque con capacidad para 300 litros, según requerimientos.
 Peso del combustible = Capacidad (m3) x 0,85 (kg/m3)
 Peso del combustible = 0,255 ton.
- ii) Peso de la tripulación: se consideran un máximo de 6 personas y se asume un peso individual de 85 kilos por persona.
 Peso Personas = 0,51 ton.

4.1.5 Centro de gravedad y peso muerto.

ITEM	PESO	L.C.G.	MTO.LONG.	L.C.V.	MTO.VERT.
	(ton)	(m.)	(ton * m)	(m.)	(ton * m)
COMBUSTIBLE	0,255	-1,25	-0,32	0,32	0,08
PERSONAS	0,510	-1,13	-0,58	1,10	0,56
PESO MUERTO	0,765		-0,90		0,64

Tabla N°8

L.C.G. (coord. Long. Centro Gravedad) = $X = \frac{\Sigma \text{Mto. Long.}}{\Sigma \text{Pesos}} = - 1,17 \text{ m.}$

V.C.G. (coord. Vertical Centro Gravedad) = $Y = \frac{\Sigma \text{Mto. Vert.}}{\Sigma \text{Pesos}} = 0,84 \text{ m.}$

4.1.6 Centro de gravedad y peso de la embarcación.

Ahora que tenemos el desplazamiento liviano y el peso muerto podemos obtener el desplazamiento máximo y centro de gravedad de la embarcación.

ITEM	PESO	L.C.G.	MTO.LONG.	L.C.V.	MTO.VERT.
	(ton)	(m.)	(ton * m)	(m.)	(ton * m)
DESPLAZAMIENTO LIVIANO	2,080	-0,98	-2,04	0,54	1,12
PESO MUERTO	0,765	-1,17	-0,90	0,84	0,64
TOTAL	2,845		-2,93		1,77

Tabla N°9

L.C.G. (coord. Long. Centro Gravedad) = $X = \frac{\sum Mto. Long.}{\sum Pesos} = - 1,03 \text{ m.}$

V.C.G. (coord. Vertical Centro Gravedad) = $Y = \frac{\sum Mto. Vert.}{\sum Pesos} = 0,62 \text{ m.}$

4.2 Cálculo de potencia propulsora.

El cálculo de la potencia propulsora necesaria para que la embarcación alcance la velocidad de servicio requerida por el armador, será realizado a través de dos métodos, el primero a partir de un grafico para embarcaciones de desplazamiento y semi-desplazamiento, el otro por medio del software Hullspeed versión 8.5 (Lic. UACH).

En el anteproyecto no se realizará un ensayo de canal para medir la resistencia del casco.

- El primer método corresponde a un gráfico para obtener los DHP de servicio para embarcaciones de hasta 50 ton de desplazamiento, propuesto por W.A. Weichhold de "Deutz"¹¹.

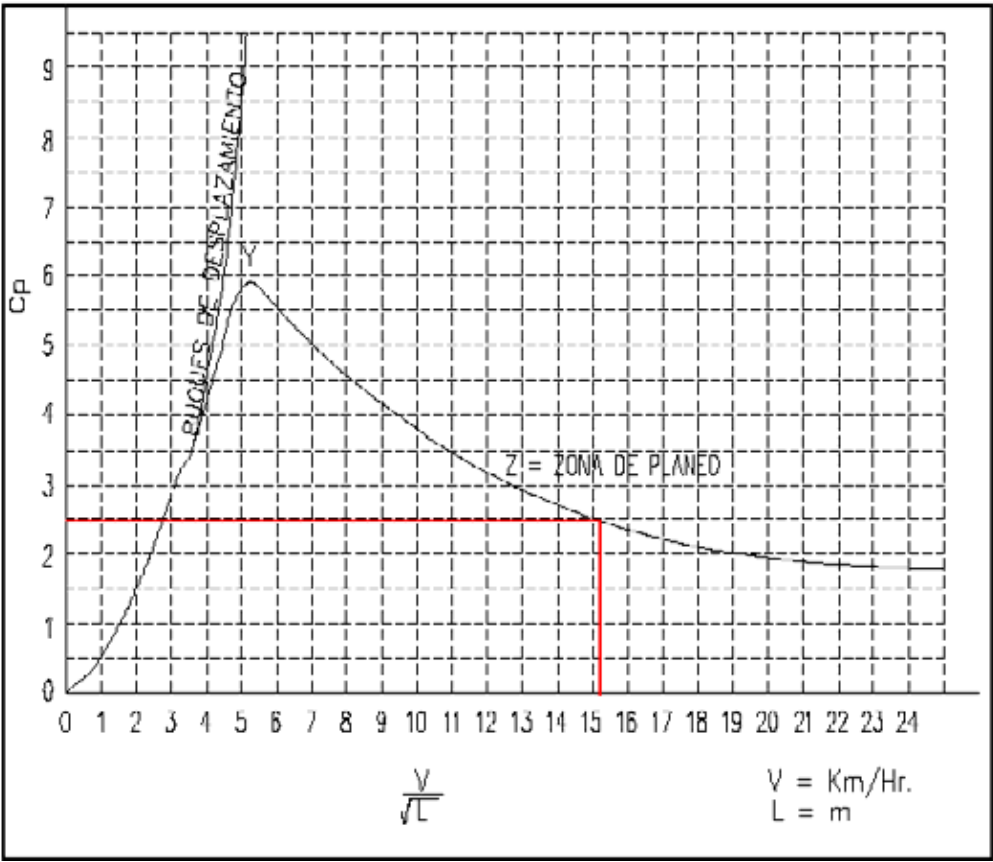


Grafico N°3

$$DHP = \frac{C_p \times v^3 \times D^{2/3}}{100 \eta_p}$$

¹¹ Guía Resistencia a la propulsión, Nelson Pérez, Pág. 37 UACH, 1993.

C_p = Constante de Rendimiento

V = Velocidad en m /s

D = Desplazamiento en m^3

η_p = Eficiencia de la hélice

La eficiencia de la hélice, se considera en un 0,65 %, por la utilización de waterjets¹².

Para nuestra embarcación:

$V = 22$ nudos

$V = 11,32$ m/s

$V = 40,74$ Km/h

$L = 7,16$ m.

$\Delta = 2,78$ m^3

$\eta_p = 0,65$

$V / vL = 15,23$

Del grafico se obtiene $C_p = 2,5$

$$DHP = \frac{2,5 * 11,32^3 * 2,78^{2/3}}{100 * 0,65}$$

$$DHP = 110,10$$

$BHP = DHP / pm$

Donde $pm = 0,95$

$BHP = 116$ hp, potencia requerida.

- El segundo método se realiza utilizando el software Hullspeed V.8.5, el que nos entrega un gráfico de potencia para distintas velocidades.

Para esto utilizamos el modelo creado en maxsurf, de las opciones de cálculo utilizaremos Savitsky para embarcaciones de planeo.

Los datos obtenidos son:

¹² Anteproyecto de una embarcación de transferencias de prácticos para el puerto de Ancud, Vega Pablo, tesis UACH, 2003.

4.3 Resistencia y potencia para la embarcación.

Según Savitsky.

	Pre-Planeo		Planeo	
Velocidad	Savitsky Resist.	Savitsky Potencia	Savitsky Resist.	Savitsky Potencia
nudos	(KN)	(hp)	(KN)	(hp)
1	--	--	--	--
2	--	--	--	--
3	--	--	--	--
4	--	--	--	--
5	--	--	--	--
6	--	--	--	--
7	--	--	--	--
8	3,5	29,75	--	--
9	4,88	46,66	--	--
10	5,35	56,75	5,99	63,57
11	5,32	62,08	6,38	74,49
12	5,42	68,99	6,64	84,61
13	5,45	75,25	6,76	93,33
14	5,55	82,45	6,76	100,48
15	5,72	91,04	6,67	106,21
16	--	--	6,53	110,83
17	--	--	6,36	114,67
18	--	--	6,18	118
19	--	--	6	121,06
20	--	--	5,84	124,04
21	--	--	5,7	127,06
22	--	--	5,58	130,24
23	--	--	5,48	133,66
24	--	--	5,39	137,39
25	--	--	5,33	141,48
26	--	--	5,29	145,96
27	--	--	5,27	150,88

Tabla N°10

Como se aprecia para una velocidad de 22 nudos la potencia requerida es de aprox. 130 HP, al no haber una diferencia considerable con el otro método, se opta por usar este valor finalmente para el cálculo del propulsor.

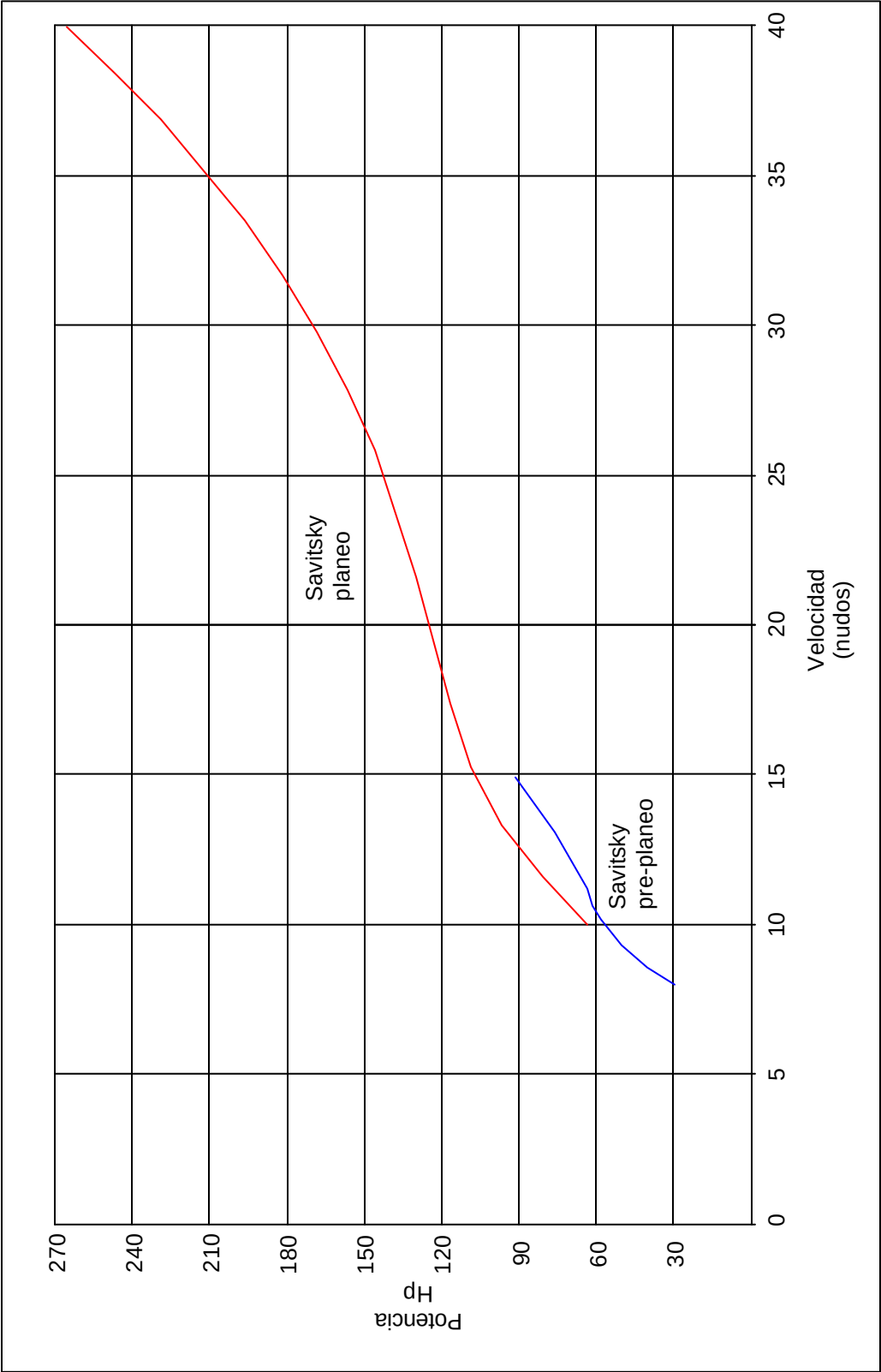


Grafico N°4

4.4 Selección del motor.

Con el cálculo de la potencia propulsora seleccionamos un motor de 130 hp, para una velocidad de 22 nudos, esté es un motor Volvo de las siguientes características:

- MOTOR
- MARCA : Volvo
- MODELO: D3/130
- POTENCIA: 130 HP (97 kW)
- REVOLUCIONES: 4000 rpm.
- CILINDROS: 5 en línea con turbo y enfriador de admisión.
- PESO MOTOR: 215 kg.
- Peso con transmisión 310 kg.

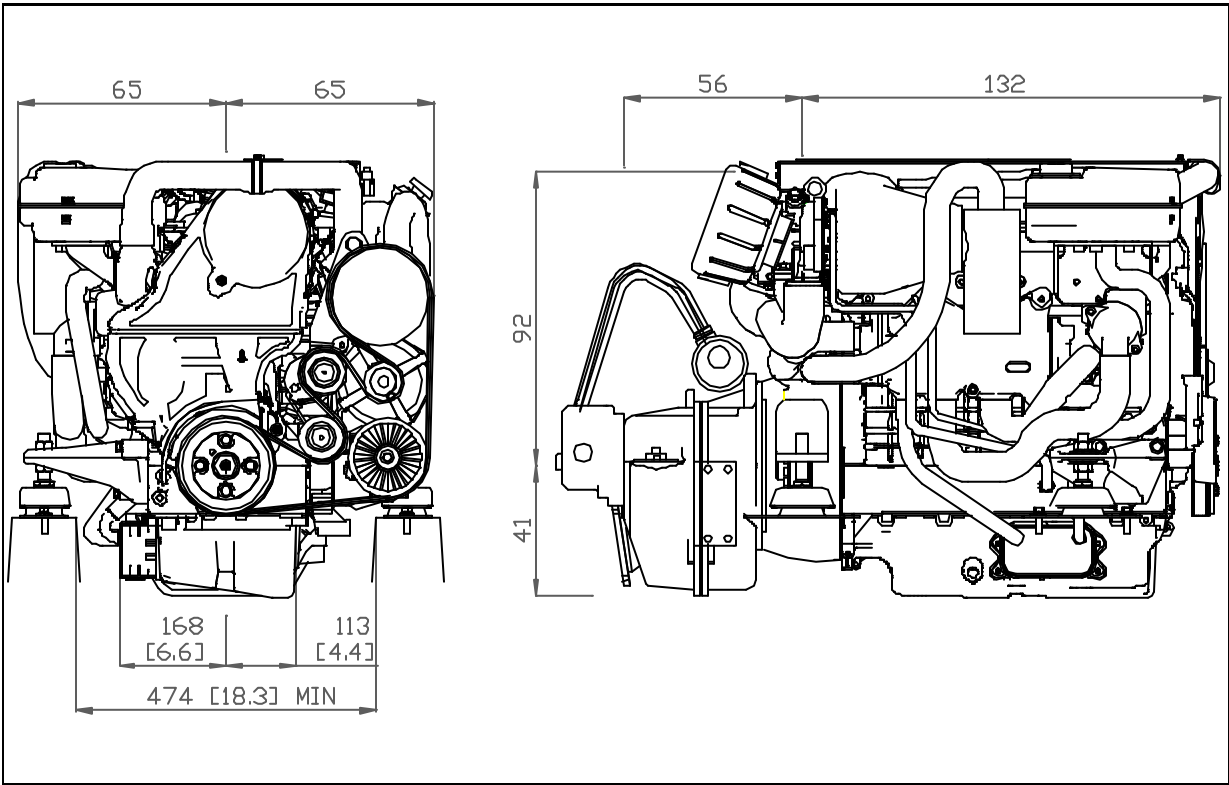


Figura N°7

4.5 Cálculo del propulsor.

Por la zona de operación y velocidad se opta por un sistema waterjets para propulsión.
Este propulsor es elegido con las características de la embarcación y potencia requerida.

- Velocidad requerida : 22 nudos.
- Potencia necesaria : 130 BHP (97 kW)
- Desplazamiento : 2,85 ton.

Con estos datos seleccionamos un propulsor, marca Castoldi el cual esta especialmente diseñado para ser integrados con los motores Volvo D3.

Marca: Castoldi
Waterjets: Modelo Jet 05

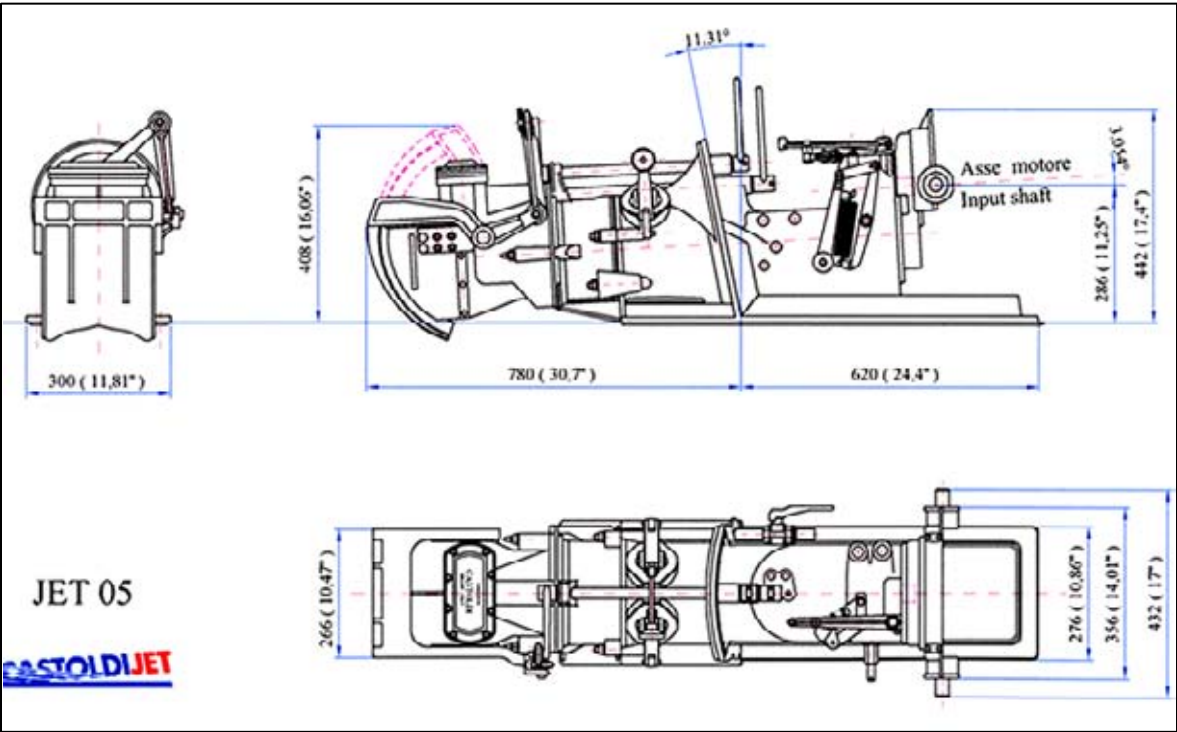


Figura N°8

4.6 Análisis preliminar de la estabilidad transversal y longitudinal.

Para los análisis se utilizará el reglamento Bureau Veritas, para High Speed Craft, capítulo 2 correspondiente a estabilidad.

Se presentan los criterios del reglamento.

- a) El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) no será inferior a 0,07 metros-radianes hasta un ángulo de escora de 15° , ni inferior a 0,055 metros-radianes hasta un ángulo de escora de 30° .
- b) El área situada bajo la curva de brazos adrizantes entre los ángulos de escora de 30° y 40° o entre 30° y θ_r si este ángulo es inferior a 40° , no será inferior a 0,03 metros-rad.
- c) El valor del brazo adrizante GZ será como mínimo de 0,20 metros a un ángulo de escora igual o superior a 30° .
- d) El valor máximo del brazo adrizante corresponderá a un ángulo de escora no menor a 15° .
- e) La altura metacéntrica inicial GM_0 no será inferior a 0,15 metros.

4.6.1 Condiciones de carga a examinarse.

Las cuatro condiciones a las que hace referencia IMO, son las siguientes:

- i. Buque en la condición de salida, con total de combustible y pasajeros completos.
- ii. Buque en condición de llegada a plena carga, con el complemento de pasajeros y su equipaje pero solo con el 10 % de provisiones y combustible.
- iii. Buque sin carga, pero con el total de provisiones, combustible y la totalidad de pasajeros con su equipaje.
- iv. Buque en las mismas condiciones de iii, pero solo con el 10 % de provisiones y combustible.

Como nuestra embarcación no es de carga y tampoco transporta una gran numero de pasajeros, estudiaremos otras condiciones similares a las anteriores pero que sean más significativas para nuestra embarcación, que nombraremos a continuación:

- i. Embarcación en la condición de salida a plena carga, con pasajeros y combustible, o sea desplazamiento liviano más peso muerto.
- ii. Embarcación en condición de llegada, con 10% de combustible.
- iii. Embarcación en condición media de navegación, con 50% de combustible.

En las páginas siguientes se presentan los cálculos de estabilidad transversal, realizados mediante el software Hydromax, utilizando el modelo creado en maxsurf.

Cálculo de estabilidad

Condición i - Zarpe puerto

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m
1	Desplaz. Liv.	1	2080	3,340	0,480
2	Pasajeros	6	85,0	3,190	1,100
3	Tank 1	100%	255	3,070	0,325
		Total Peso=	2845	LCG=3,289 m	VCG=0,577 m

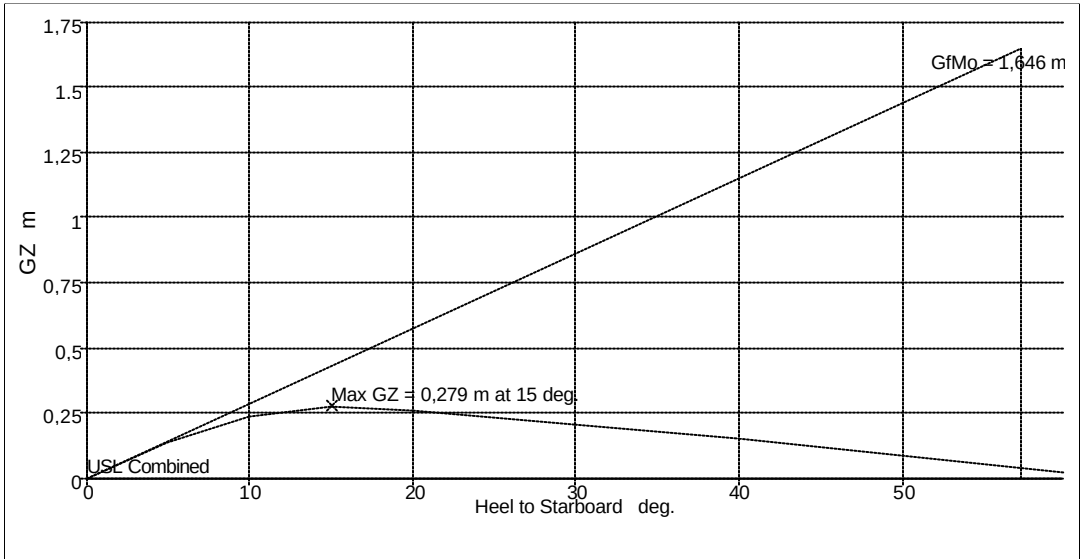


Grafico N°5

	Heel to Starboard degrees	Displacement kg	Draft at FP m	Draft at AP m
1	0	2845	0,451	0,433
2	5	2845	0,443	0,432
3	10	2845	0,430	0,413
4	15	2845	0,409	0,404
5	20	2845	0,390	0,414
6	30	2845	0,360	0,433
7	50	2845	0,274	0,494
8	60	2845	0,181	0,569

Tabla N°11

	WL Length m	Immersed Depth m	WL Beam m	Wetted Area m^2
1	6,441	0,442	2,429	14,302
2	6,455	0,435	2,281	13,331
3	6,459	0,415	2,193	13,012
4	7,085	0,392	2,216	15,685
5	7,055	0,463	2,154	18,179
6	6,347	0,661	1,807	21,456
7	6,705	0,995	1,234	23,186
8	6,901	1,198	0,980	23,601

Tabla N°12

	Waterpl. Area m^2	Prismatic Coeff.	Block Coeff.	LCB to zero pt. m
1	12,599	0,762	0,402	3,290
2	11,910	0,758	0,433	3,289
3	11,453	0,761	0,474	3,290
4	13,525	0,705	0,380	3,289
5	14,844	0,712	0,297	3,288
6	7,638	0,784	0,264	3,285
7	5,132	0,736	0,253	3,279
8	4,648	0,708	0,355	3,275

Tabla N°13

	VCB from DWL m	GZ m	LCF to zero pt. m	TCF to zero pt. m
1	0,142	0,000	3,371	0,000
2	0,145	0,137	3,400	0,168
3	0,147	0,239	3,417	0,326
4	0,160	0,279	3,298	0,602
5	0,187	0,257	3,332	0,721
6	0,239	0,202	4,170	0,450
7	0,330	0,085	4,184	0,399
8	0,368	0,018	4,164	0,405

Tabla N°14

Resultados Condición i.

	Rule	Criteria	Units	Required
1	BV HSC	Area 0. to 15.	m.Radians	0,07
2	BV HSC	Area 15. to 30. or Downflooding Point	m.Radians	0,055
3	BV HSC	Area 30. to 40. or Downflooding Point	m.Radians	0,03
4	BV HSC	GZ at 30. or greater	m	0,2
5	BV HSC	Angle of GZ max	Degrees	15
6	BV HSC	GM ₀	m	0,15

Tabla N°15

	Actual	Status
1	0,108	Pass
2	0,139	Pass
3	0,03	Pass
4	0,202	Pass
5	15	Pass
6	1,646	Pass

Cálculo de estabilidad

Condición ii – Recalada a puerto

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m
1	Desplaz. Liv.	1	2080	3,340	0,480
2	Pasajeros	1	85,0	3,190	1,100
3	Tank 1	10%	25,5	3,070	0,168
4		Total Weight=	2190	LCG=3,331 m	VCG=0,500 m

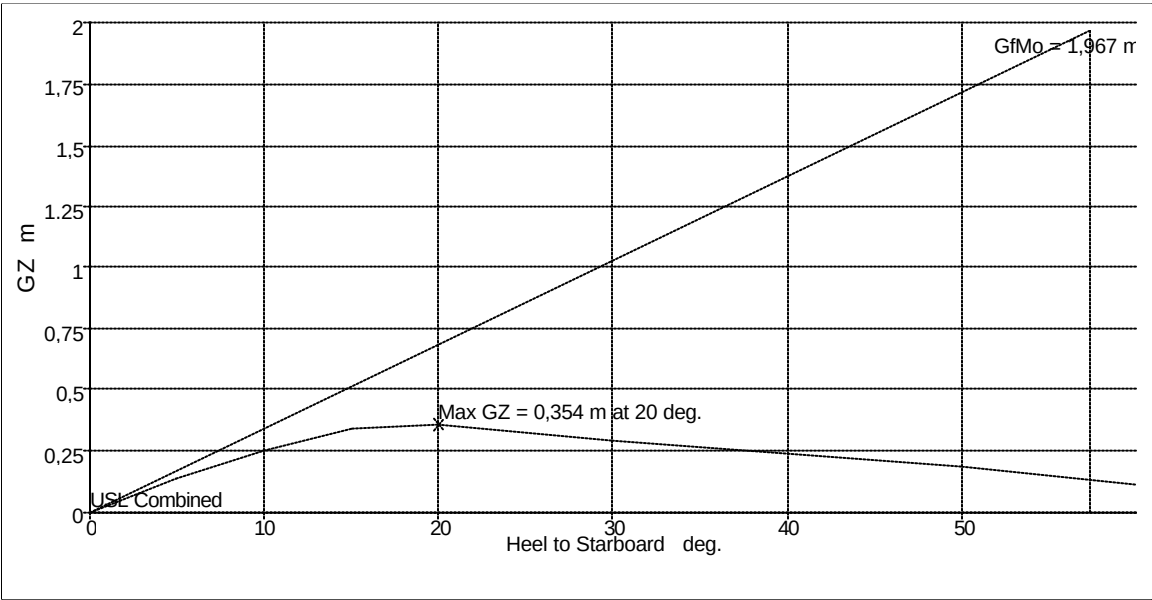


Grafico N°6

	Heel to Starboard degrees	Displacement kg	Draft at FP m	Draft at AP m
1	0	2191	0,414	0,371
2	5	2190	0,408	0,361
3	10	2190	0,395	0,336
4	15	2190	0,375	0,300
5	20	2191	0,355	0,276
6	30	2190	0,326	0,243
7	50	2190	0,240	0,125
8	60	2191	0,146	0,044

Tabla N°16

	WL Length m	Immersed Depth m	WL Beam m	Wetted Area m^2
1	6,366	0,395	2,383	13,144
2	6,380	0,386	2,110	12,072
3	6,379	0,364	1,982	11,732
4	7,026	0,333	2,033	12,337
5	6,988	0,354	2,026	14,564
6	6,932	0,516	1,842	18,984
7	6,666	0,779	1,245	21,036
8	6,889	0,928	0,988	21,519

Tabla N°17

	Waterpl. Area m^2	Prismatic Coeff.	Block Coeff.	LCB to zero pt. m
1	11,919	0,769	0,357	3,332
2	10,924	0,767	0,411	3,333
3	10,459	0,765	0,464	3,334
4	10,940	0,694	0,430	3,334
5	12,524	0,713	0,361	3,334
6	9,454	0,740	0,237	3,336
7	5,397	0,779	0,261	3,336
8	4,932	0,762	0,385	3,335

Tabla N°18

	VCB from DWL m	GZ m	LCF to zero pt. m	TCF to zero pt. m
1	0,125	0,000	3,311	0,000
2	0,124	0,141	3,391	0,204
3	0,123	0,250	3,426	0,345
4	0,124	0,337	3,388	0,538
5	0,138	0,354	3,352	0,727
6	0,183	0,293	3,832	0,657
7	0,255	0,187	4,053	0,455
8	0,288	0,120	4,057	0,446

Tabla N°19

	Rule	Criteria	Units	Required
1	BV HSC	Area 0. to 15.	m.Radians	0,07
2	BV HSC	Area 15. to 30. or Downflooding Point	m.Radians	0,055
3	BV HSC	Area 30. to 40. or Downflooding Point	m.Radians	0,03
4	BV HSC	GZ at 30. or greater	m	0,2
5	BV HSC	Angle of GZ max	Degrees	15
6	BV HSC	GM ₀	m	0,15

Tabla N°20

	Actual	Status
1	0,135	Pass
2	0,182	Pass
3	0,047	Pass
4	0,293	Pass
5	20	Pass
6	1,967	Pass

Cálculo de estabilidad

Condición iii – Navegación 50%

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m
1	Lightship	1	2080	3,340	0,480
2	Crews	6	85,0	3,190	1,100
3	Tank 1	50%	127	3,070	0,238
4		Total Weight=	2717	LCG=3,299 m	VCG=0,585 m

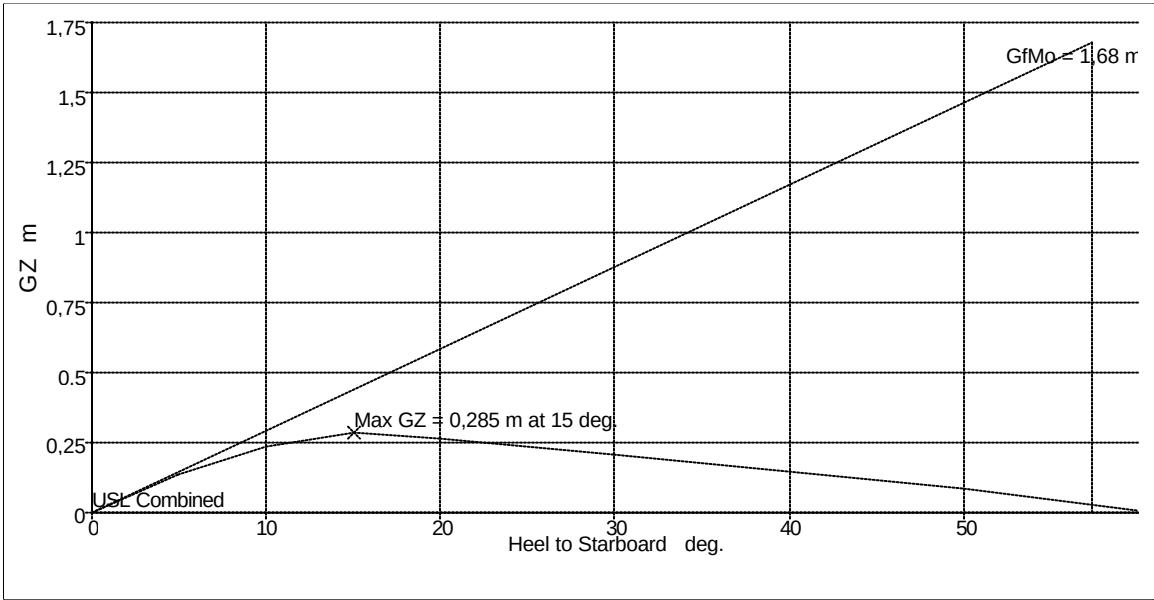


Grafico N°7

	Heel to Starboard degrees	Displacement kg	Draft at FP m	Draft at AP m
1	0	2718	0,445	0,420
2	5	2717	0,438	0,418
3	10	2717	0,424	0,397
4	15	2718	0,404	0,381
5	20	2717	0,385	0,384
6	30	2718	0,357	0,392
7	50	2717	0,272	0,414
8	60	2718	0,180	0,457

Tabla N°21

	WL Length m	Immersed Depth m	WL Beam m	Wetted Area m^2
1	6,429	0,433	2,419	14,121
2	6,443	0,426	2,247	13,092
3	6,445	0,405	2,106	12,717
4	7,077	0,380	2,180	15,007
5	7,047	0,435	2,128	17,440
6	6,338	0,626	1,816	20,989
7	6,704	0,944	1,238	22,764
8	6,903	1,136	0,981	23,191

Tabla N°22

	Waterpl. Area m^2	Prismatic Coeff.	Block Coeff.	LCB to zero pt. m
1	12,512	0,764	0,393	3,301
2	11,722	0,762	0,430	3,300
3	11,211	0,764	0,482	3,300
4	13,021	0,707	0,392	3,300
5	14,399	0,721	0,314	3,300
6	7,679	0,799	0,269	3,297
7	5,200	0,750	0,255	3,292
8	4,714	0,720	0,361	3,289

Tabla N°23

	VCB from DWL m	GZ m	LCF to zero pt. m	TCF to zero pt. m
1	0,139	0,000	3,366	0,000
2	0,141	0,135	3,399	0,175
3	0,142	0,236	3,430	0,324
4	0,152	0,285	3,311	0,595
5	0,176	0,265	3,335	0,726
6	0,227	0,203	4,140	0,464
7	0,313	0,079	4,163	0,412
8	0,350	0,009	4,146	0,414

Tabla N°24

	Rule	Criteria	Units	Required
1	BV HSC	Area 0. to 15.	m.Radians	0,07
2	BV HSC	Area 15. to 30. or Downflooding Point	m.Radians	0,055
3	BV HSC	Area 30. to 40. or Downflooding Point	m.Radians	0,03
4	BV HSC	GZ at 30. or greater	m	0,2
5	BV HSC	Angle of GZ max	Degrees	15
6	BV HSC	GM ₀	m	0,15

Tabla N°25

	Actual	Status
1	0,11	Pass
2	0,14	Pass
3	0,03	Pass
4	0,203	Pass
5	15	Pass
6	1,68	Pass

CAPITULO V
COSTOS DE LA EMBARCACIÓN

5.1 Estimación de costo.

Para realizar la estimación de costos de la embarcación, se considerarán todos los elementos que la componen. No se realizará una evaluación económica, pues en este anteproyecto no se considerara la parte de evaluación de proyecto.

Dividiremos este estudio en tres partes detalladas a continuación:

- a) Costo de materiales, se incluyen todos los materiales para la construcción del casco y superestructura.
- b) Costo de construcción, contiene la mano de obra de la construcción, considerando el numero de trabajadores, días trabajados y las horas-hombre (H-H) necesarias para la construcción.
- c) Costo de equipamiento, en el cual se incluyen todos los equipos e instrumentos que llevará la embarcación.

Estos costos incluyen el 19% de I.V.A.
Ver Anexo “F”.

5.2 Estimación de costo de materiales

ITEM	VALOR TOTAL
Planchas de Polietileno	3.270.000
Tubos de Polietileno	610.000
Soldadura	650.000
Sistema Eléctrico (materiales)	550.000
Circuitos Mecánicos (materiales)	1.350.000
Sub Total	6.430.000
10% Margen	643.000
Total	7.073.000

5.3 Estimación de costo H-H.

ITEM	Nº PERSONAS	Nº HORAS	COSTO UNITARIO H-H	COSTO
Ingeniero	1	35	25.000	875.000
Soldador	1	120	6500	780.000
Ayudantes	2	120	2500	600.000
Mecánico	1	40	11.800	472.000
Electricista	1	40	6100	244.000
			Total Costo H-H	2.971.000

5.4 Estimación de costo de equipamiento

ITEM	CANTIDAD	VALOR	VALOR TOTAL
Motor Propulsor (estimación)	1	7.500.000	7.500.000
Waterjets	1	5.700.000	5.700.000
Baterías	2	46.000	92.000
		Total Equipamiento	13.292.000

5.5 Equipamiento de acomodaciones, varios

ITEM	CANTIDAD	VALOR	VALOR TOTAL
Asientos	2	80.000	160.000
Asientos Abatibles	2	45.000	90.000
Ancla	1	38.000	38.000
Extintor (10 Kg)	1	37.000	37.000
Luces Navegación	4	18.437	73.748
Luces Interior	1	56.684	56.684
		Total Equipamiento	455.432

5.6 Instrumentos electrónicos y de navegación

ITEM	CANTIDAD	VALOR	VALOR TOTAL
Radar	1	800.000	800.000
Ecosonda Fishfinder Matrix 37x500m.AXA -78	1	303.160	303.160
Navegador GPS Fishfinder Matrix 67xMAXA -79	1	508.080	508.080
Radio VHF	1	250.000	250.000
		Total Eq. Nav.	1.861.240

5.7 Cuadro resumen estimación costo total

5.2	Costos de Materiales	7.073.000
5.3	Costos de H-H	2.971.000
5.4+5.5+5.6	Costos de Equipamiento	15.608.672
	Margen 5 %	1.282.634
		Sub -
		TOTAL \$ 26.935.306
		TOTAL \$ 30.975.602

5.8 Estimación de costo de la embarcación.

El costo total de construcción y equipamiento de la embarcación corresponde a la suma del total de cada ítem, más un 15% de utilidad, resultando \$ 30.975.602

Conclusión

Con el desarrollo del anteproyecto expuesto se logró aplicar conocimientos adquiridos durante los años de estudios.

El polietileno de alta densidad se puede considerar como una alternativa de construcción para pequeñas embarcaciones, una de las ventajas de este material tiene relación con los costos y a la prácticamente nula mantención necesaria, en lo referente a pinturas y antifouling, además de ser un material reciclable.

Se pudo apreciar una gran existencia y variedad de embarcaciones construidas en base a este material.

Finalmente se proyecta la embarcación donde se puede apreciar su distribución en el plano de arreglo general, para su construcción se deben tener en cuenta las consideraciones referentes a soldadura y las propias del material.

Bibliografía

1. GARRATT JAMES: Diseño y tecnología, editorial Akal, 2003
2. Centro Uruguay Independiente [en línea] [consulta nov. 2005]
<<http://www.erres.org.uy/plastico.htm>>
3. Especificaciones Técnicas HDPE, Plastecnia [en línea] [consulta Dic. 2005]
<www.plastecnia.cl>
4. Catalogo Elofit, Ene 2004.
5. Wegener, equipos industriales. [en línea] [consulta nov. 2005]
<www.wegenerwelding.com>.
6. Especificaciones Técnicas HDPE, Duratec según normas ISO 9080.
7. Procedimiento de inspección en soldaduras de tuberías de polietileno de alta densidad, Revinca, 2004.
8. Nelson Perez, “Guía Resistencia a la propulsión”, Pág. 37 UACH, 1993.
9. VEGA PABLO, “Anteproyecto de una embarcación de transferencia de prácticos para el puerto de Ancud”, Universidad austral de Chile, 2003
10. NAVARRO RAÚL, Apuntes “proyecto de la nave” Universidad Austral de Chile, 2001
11. Bureau Veritas, Rules for the Construction and Classification of High Speed Craft, capítulo 2, pág.11-24, capítulo 3, pág. 36
12. Criterios códigos de estabilidad IMO
13. Volvo Penta, Manual. [en línea] [consulta mayo 2006] <www.volvopenta.com>
14. Castoldi, Waterjet. [en línea] [consulta mayo 2006] <www.castoldijet.it>
15. Polarcirkel, Helgeland plast, boats for work. [en línea] [consulta nov. 2005]
<www.polarcirkel.no>.

ANEXOS

ANEXO “A”

1. MATERIAS PLÁSTICAS

Los materiales plásticos están fabricados a partir de resina o polímeros orgánicos sintéticos, obtenidos generalmente por síntesis química de productos derivados del petróleo.

Las resina o polímeros tienen en común ser un conjunto de moléculas orgánicas gigantes denominadas macromoléculas, obtenidas por síntesis de moléculas elementales de los componentes base llamados, monómeros (normalmente a base de carbono e hidrógeno).

Según el comportamiento bajo efectos del calor, derivado de su diferente estructura molecular, los polímeros sintéticos se clasifican en:

- termoplásticos
- termoestables
- elastómeros

Nota: Aunque es habitual utilizar las denominaciones de polímero, plástico o resina de forma indiscriminada, parece apropiado denominar polímero al producto obtenido en la polimerización y reservar el término plástico al polímero más aditivos listo para su transformación.

1.1. Termoplásticos

Están constituidos por cadenas lineales o ramificadas obtenidos por polimerización por adición. Sus propiedades principales son:

- son deformables bajo efectos del calor, pueden ser moldeados y remoldeados, adoptando formas que conservan al enfriarse.
- no sufren cambios permanentes al calentarse (*)
- son autosoldables
- el calor debilita las fuerzas intermoleculares y permite la movilidad de las macromoléculas entre si, fluyendo como un líquido altamente viscoso.

(*) De forma controlada. Sometidos a determinadas condiciones se degradan, provocándose una reticulación de las cadenas transformándose en duroplásticos.

1.2. Termoestables

Están constituidos por polímeros reticulados obtenidos por policondensación en un medio parcialmente polimerizado. Sus propiedades principales son:

- estructura muy rígida, no se presta a deformaciones plásticas, ni se reblandece por efecto del calor, que no afecta a enlaces covalentes, superada la temperatura límite, se degradan por combustión o pirolísis.
- no es posible su soldadura.
- durante el proceso de conformación, bajo efectos del calor, continúa la polimerización acompañada de reticulación.

Sin embargo, en el caso particular del polietileno reticulado obtenido por el proceso del silano (PEX-b), recientes estudios han demostrado que los tubos de dicho material se pueden unir entre sí mediante accesorios de electrofusión de polietileno, reticulado o no. También es posible, en determinados casos, soldar a tope tubos de polietileno antes de su reticulación en obra, pero sigue sin ser posible la soldadura a tope de tubos ya reticulados. Los mencionados estudios han sido posibles gracias al interés que suscita el polietileno reticulado para sistemas de distribución, especialmente en terrenos rocosos, en renovación de tuberías o en servicios de fluidos a alta temperatura.

1.3. Elastómeros

Su estructura es parcialmente reticulada y su característica principal es que admiten deformaciones elásticas.

2. EL POLIETILENO (PE) MATERIA PRIMA PARA LA FABRICACIÓN DE TUBERÍA

2.1. Obtención del polietileno

El polietileno utilizado en la industria del gas pertenece al grupo de los termoplásticos. Es una materia plástica fabricada por síntesis química a partir del etileno.

El polietileno está constituido por moléculas orgánicas gigantes denominadas macromoléculas que se preparan industrialmente asociando las moléculas del constituyente básico denominado "monómero", es decir, el etileno.

La síntesis química consiste en la obertura por activación (presión, temperatura y catalizador) del doble enlace entre dos átomos de carbono.

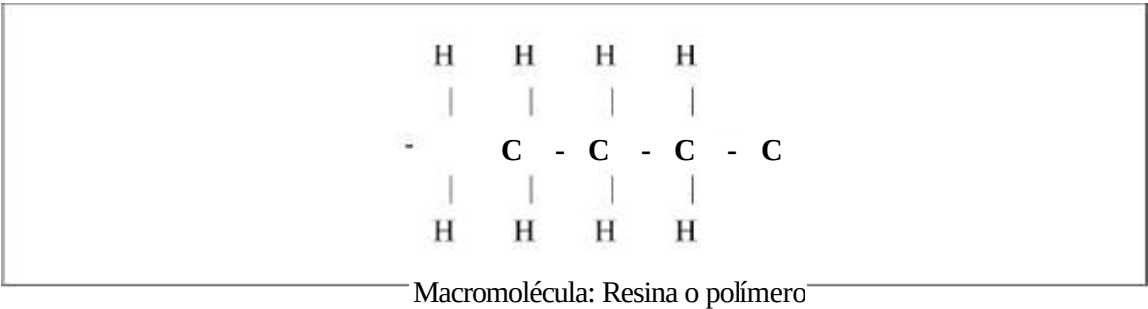


Fig. 10

Se denomina **homopolímero** cuando el producto se obtiene a partir de la polimerización de monómeros idénticos. Cuando se utilizan monómeros diferentes, etileno u otros (**comonómeros**), las macromoléculas contienen dos o más monómeros diferentes, tratándose por tanto de un **copolímero**. El proceso de copolimerización consiste en añadir uno o varios comonómeros sobre la cadena del monómero principal que es el etileno.

Los comonómeros más utilizados en concentraciones hasta el 6% en volumen con el polietileno son:

- Propileno 1 (CH₂ = CH - CH₃)
- Buteno 1 (CH₂ = CH - CH₂ - CH₃)
- Penteno 1 (CH₂ = CH - CH₂ - CH₂ - CH₃)
- Exeno 1 (CH₂ = CH - CH₂ - CH₂ - CH₂ - CH₃)

Cuando el comonómero se introduce en dos etapas sucesivas del proceso de obtención, se le denomina proceso bimodal.

Una vez obtenido el polímero base se debe completar la formación del polietileno con los aditivos de estabilización, los cuales son incorporados en el proceso de granulación, por tanto, los diferentes constituyentes de los gránulos de la granza de polietileno:

- Polvo de polietileno (resina o polímero)
- Antioxidantes
- Pigmentos y colorantes
- Estabilizantes
- Lubricantes

A la mezcla obtenida se le denomina compuesto.

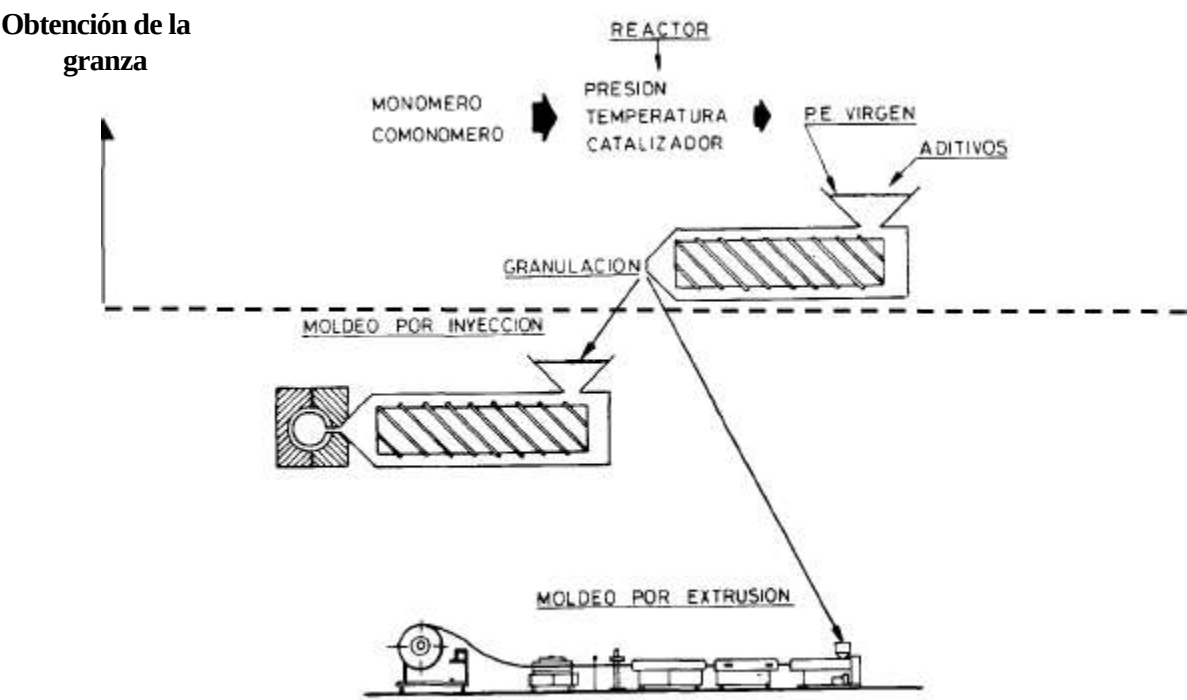


Figura 11: Proceso de fabricación y transformación del polietileno

La fabricación a partir de granza de un tubo o accesorio necesita tres operaciones delicadas que son:

- Fusión de la materia
- Conformado por extrusión o inyección
- Enfriamiento

La fusión, en la cabeza de la extrusora o de la máquina de inyección, se debe realizar de tal manera que sea progresiva y homogénea. La temperatura alcanzada no debe ser demasiado elevada (para evitar el riesgo de degradar la materia por oxidación o romper las cadenas o retículas) pero si lo bastante alta para que la materia esté suficientemente fluida.

El conformado por extrusión o inyección necesita de útiles y métodos operativos precisos para favorecer ciertas disposiciones macromoleculares que reduzcan las contracciones internas. Ver figura 3

La operación de enfriamiento condensa la materia en un estado de contracción y de cristalinidad del que dependerá la calidad del tubo o accesorio.

2.2. Tipos de polietileno

Las propiedades más características del polietileno son su densidad y su índice de fluidez, que indica el grado de polimerización bajo unas condiciones de presión y temperatura determinadas. Los polímeros pueden subdividirse en tres o cuatro grupos estructurales. Las moléculas de los polímeros lineales consisten en largas cadenas de monómeros unidos por enlaces como las cuentas de un collar. Ejemplos típicos son el polietileno, el alcohol polivinílico y el policloruro de vinilo (PVC).

Los polímeros ramificados tienen cadenas secundarias que están unidas a la cadena principal. La ramificación puede ser producida por impurezas o por la presencia de monómeros que tienen varios grupos reactivos. Los polímeros compuestos por monómeros con grupos secundarios que forman parte del monómero, como el poliestireno o el polipropileno, no se consideran polímeros ramificados.

En los polímeros entrecruzados dos o más cadenas están unidas por cadenas secundarias. Con un grado pequeño de entrecruzamiento se obtiene una red poco compacta esencialmente bidimensional. Los grados elevados de entrecruzamiento dan lugar a una estructura compacta tridimensional. El entrecruzamiento es producido normalmente por reacciones químicas. Un ejemplo de estructura entrecruzada bidimensional es el caucho vulcanizado, en el cual los eslabones están formados por átomos de azufre. Los duroplásticos son polímeros entrecruzados con una estructura tan rígida que al calentarse se descomponen o arden en lugar de fundirse.

Dada la extrema dificultad de conocer la estructura de cada macromolécula, se intenta llegar a su conocimiento a través de las características globales del polímero.

Destacamos por su interés:

- peso molecular
- distribución del peso molecular
- índice de fluidez

2.3. Estructura del polietileno. Peso molecular y su distribución

En los polímeros lineales o ramificados, el peso molecular es función del grado de polimerización, es decir:

- de la longitud de las cadenas
- del número de elementos unitarios que las integran

Las polimerizaciones industriales producen una mezcla de cadenas de peso molecular diferente por ello nos vemos obligados a hablar de:

- peso molecular medio numérico
- peso molecular medio ponderal
- dispersión

2.4. Propiedades del polietileno en función de su peso molecular.

Cuando el peso molecular aumenta:

- Disminuye el flujo del polímero (procesabilidad; soldabilidad)
- Mejoran las propiedades mecánicas
- Aumenta la capacidad de absorción de cargas
- Aumenta la resistencia química
- Disminuye la soldabilidad
- Aumenta la resistencia a la fisuración manteniendo constantes todas las demás propiedades

2.5. Propiedades del polietileno variando su distribución de pesos moleculares

Cuando la distribución de pesos moleculares se ensancha:

- Aumenta el flujo del polímero (procesabilidad; soldabilidad)
- Aumenta la resistencia al impacto a bajas temperaturas
- Aumenta la resistencia a la fisuración manteniendo constantes todas las demás propiedades

2.6. Estructura del polietileno. Índice de fluidez (MFR)

Es una técnica para profundizar en el conocimiento de la estructura del polietileno y se determina como los gramos de polietileno fundido que durante 10 minutos pasan por una boquilla normalizada, bajo un peso y una temperatura determinada.

Ejemplo: MFR = 0'3 g/10 min. Peso: 5 kg. Temperatura: 190 °c

A mayor índice de fluidez menor peso molecular y:

- Menor resistencia al impacto. Dureza
- Menor módulo de elasticidad
- Menor resistencia a la corrosión por tensión
- Mayor permeabilidad

2.7. Propiedades químicas y mecánicas

El PE es una materia inerte, cuya resistencia química a los productos agresivos corrientes (ácidos, bases....) es buena, incluso en concentraciones elevadas y en caliente. Los odorizantes y los disolventes utilizados con el gas natural son prácticamente inactivos para el polietileno, en las concentraciones usuales y de una forma general mientras que están en fase de vapor. Los gases: gas natural y GLP, son también, mientras se encuentren en estado gaseoso, prácticamente inactivos para el PE.

Sin embargo dos familias de productos pueden llegar a atacarlo. Estas son los agentes tensoactivos tales como los detergentes, jabones y potasa, y los hidrocarburos pesados, parafinas, y aromáticos en estado líquido. Con los hidrocarburos se constatan algunos de los fenómenos de disolución puntuales y de hinchado por absorción de líquido. El PE es debilitado mecánicamente favoreciéndose de este modo los mecanismos de ruptura.

El PE es un buen aislante eléctrico. Su resistividad a 20°C es del orden de 10^{16} Q.m. Esta propiedad confiere a las canalizaciones de PE la ventaja de ser perfectamente insensibles a la corrosión electroquímica suprimiendo de este modo toda protección pasiva o catódica. El PE, mal conductor, puede dar lugar a la acumulación localmente de cargas electrostáticas creadas, por ejemplo, por el paso de gas cargado de polvo. En estas condiciones es necesario tomar ciertas precauciones en el momento de las intervenciones en carga, para evitar la formación de chispas en presencia de una mezcla de gases combustibles.

El PE tiene un coeficiente de dilatación lineal de aproximadamente 130 $\mu\text{a, m/m } ^\circ\text{C}$ a 200 $\mu\text{a, m/m } ^\circ\text{C}$. Con este valor, aproximadamente 10 veces superior al coeficiente de dilatación del acero, necesita en algunos casos ciertas precauciones para su instalación. Una vez enterrado el tubo, las variaciones de temperatura son fuertemente atenuadas y solo dan lugar a débiles desplazamientos. El aumento de la temperatura acelera el envejecimiento del material disminuyendo sus propiedades mecánicas.

Durante la explotación y funcionamiento de las redes de PE se podrán trabajar u operar a temperaturas comprendidas entre -20°C y 40°C. Sin embargo, durante la instalación de las redes de PE, no se podrán realizar uniones entre tubos o tubos y accesorios a temperaturas por debajo de 0°C ni superiores a 40°C.

Las propiedades mecánicas de los materiales plásticos varían con el tiempo en función de la temperatura y las sollicitaciones mecánicas a las que esté sometida.

La prueba comúnmente utilizada para determinar el comportamiento a largo plazo de los tubos de PE, es la de resistencia a la presión hidráulica interior. El tubo es sometido a una presión interna con agua manteniéndolo en un baño de agua a una temperatura constante. El ensayo se realiza hasta la rotura del tubo. Estos ensayos se efectúan a presiones y temperaturas relativamente elevadas para obtener tiempos razonables de ruptura. Por extrapolación, estos resultados dan una estimación de la duración del material y su resistencia a la presión a una temperatura determinada.

En resumen:

- Material químicamente muy estable
- Flexibilidad y a la vez tenacidad
- Buenas propiedades mecánicas y eléctricas
- Se puede extrusionar, inyectar y fabricar tubería y accesorios
- Baja rugosidad que minimiza las pérdidas de carga de los tubos.
- Permite ser enrollado

ANEXO “B”



GUIDELINES FOR WELDING THERMOPLASTIC MATERIALS
(Hot Gas Hand and Hot Gas Extrusion Welding)

TABLE OF CONTENTS
COMMON THERMOPLASTICS AND WELDING TECHNIQUES

- I HOT GAS (AIR) WELDING**
 - 1 The Process in General
 - 2 The Hot Gas (Air) Generating Equipment
 - 3 Material Preparation
 - 4 Tack Welding
 - 5 High Speed Welding
 - 6 Free Hand or Fan Welding
 - 7 Weld Design
 - 8 Heat Stress Problems

- III HOT GAS (AIR) EXTRUSION WELDING**
 - 1 General
 - 2 Equipment and Procedure
 - 3 Visual Check of the Final Weld

- IV TESTING**

- V TEMPERATURE RECOMMENDATIONS**

- VI BEAD SIZE RECOMMENDATIONS**

The information contained within are mere guidelines for welding thermoplastic materials. More detailed information is available through DVS standards established by the GERMAN WELDING SOCIETY. Please contact our company for further information.

I. COMMON THERMOPLASTICS AND WELDING TECHNIQUES

There are a number of methods to weld thermoplastics, which include hot gas (air) hand welding, hot gas (air) extrusion welding, butt fusion (heated element welding), friction welding, laser welding and high frequency welding. In the following, hot gas (air) hand welding and hot gas (air) extrusion welding are being addressed since they play a major role in the field of custom thermoplastic fabrication. A further application for these techniques is the modification or repair of rotationally molded, blow molded, vacuum formed or injection molded parts.

The most commonly welded thermoplastic materials are

Polypropylene	- PP
Polyethylene	- PE
Polyvinylchloride	- PVC
Chlorinated Polyvinylchloride	- CPVC
Polyvinylidenefluoride	- PVDF

Other materials such as ABS, PS, PC and PMMA are welded on a more limited basis and are not covered here in any detail.

Welding means raising the temperature of the materials to their thermoplastic state, applying pressure to allow the molecules to newly position themselves and thus creating a new homogeneous area when cooled down. The thermoplastic state, i.e. the temperature range in which the material is weldable, differs between materials. Compared to PP and PE, PVC and CPVC have a very small thermoplastic state, i.e. the temperature window for welding is relatively narrow.

Compatibility between materials is an important factor. It is recommended to verify that the melt flow rates of HDPE materials to be welded together are the same or neighboring. With PP it is not recommended to use Homopolymer rod with Copolymer parent material.

Hot gas (air) hand welding and hot gas (air) extrusion welding are manual operations and require the use of a filler material. The quality of the weld is highly dependent on the knowledge and skill of the operator. The operator needs to be knowledgeable in both the set up of the equipment and the proper execution of the weld

II. HOT GAS (AIR) WELDERS

1. THE PROCESS IN GENERAL

In hot gas (air) welding, the heat transfer medium is a heated gas, in general clean air. In the infancy of plastic welding, the use of Nitrogen proved most successful in preventing material contamination and oxidation. With today's material quality and equipment technology, Nitrogen is becoming more and more a relic of the past. The combination of clean, oil and moisture free air with controlled temperature proves equally successful, eliminating the continuous expense of the inert gas. The temperature of the hot air ranges between 250°C (480°F) and 550°C (1022°F) depending on the type of material (different melting points), material mass to be risen in temperature (usually the material thickness) and the environmental conditions under which the welding process takes place.

2. THE HOT GAS (AIR) GENERATING EQUIPMENT

The air flows through a hot gas (air) hand welding gun where it is heated up by an electrical heating element. Two principles are used to control the air temperature. The older principle uses a constant wattage heating element and varies the amount of air flow in order to increase or decrease the air temperature. The drawback to this method is that in general a much wider area than necessary is heated up. This introduces heat stress related problems into the material that may cause cracks based on the material expansion and contraction factors.

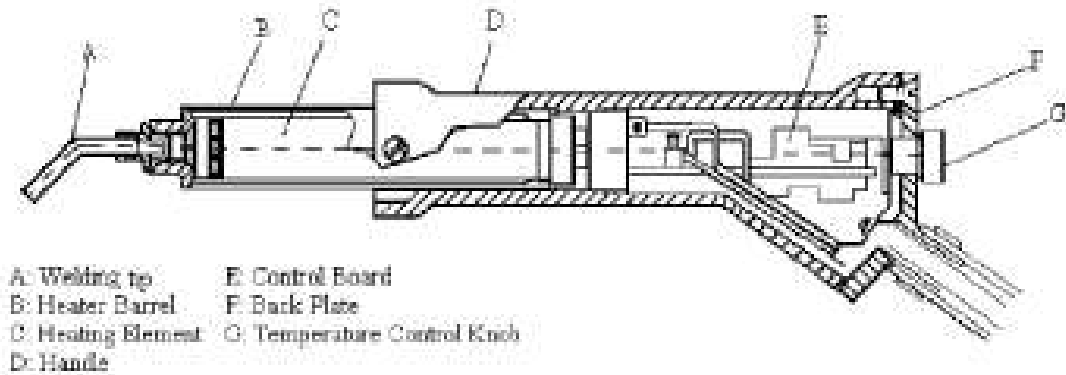


Fig. 12

The newer method of controlling hot air temperature involves the use of electronic circuitry to control the actual applied wattage of the heating element using a constant, minimal air flow. This provides for minimum heat transfer into the base material without sacrificing weld quality. The second advantage of electronic controls is a safety feature preventing burn out of the element or melt down of the gun in case of air flow interruption. The latest trend in developing electronic controls for hot air heating elements incorporates closed loop controls that hold the temperature constant even while air flow or supply voltages fluctuate.



Fig. N°13



Fig. N° 14

Rotary vane or regenerative blowers provide clean air at a high volume but low pressure and are therefore the ideal air supply for thermoplastic hand welding. It is possible, however, to use regular shop compressors provided their airflow can be adjusted with an air flow meter (not pressure gauge) to the required air volume. The major drawback is keeping oil and moisture out of the compressed air. An alternative to generating the necessary airflow would be to use "self-contained" welding guns that have a blower built in. The main drawback to using a self-contained welding gun is its size and weight (operator fatigue). Generally, they are used only for repair work, small installations or on job sites. An equally important factor in hot gas (air) welding is the style and type of welding nozzle (tip). Their function is to properly distribute the hot air onto the parent sheet and to heat up and guide the welding rod in the high speed welding process. A variety of tips are available for specific applications. In the field of plastics fabrication, the most common nozzles are the round (freehand), tacking, high speed and the combination high speed welding and tacking tips.



Fig. N°15

3. MATERIAL PREPARATION

A good homogeneous weld requires proper preparation of the material. The part should be free of any impurities such as dirt, oil, etc. Additionally, some thermoplastics develop a thin layer of oxidized molecules on the surface that have to be scraped or ground off. Another effect, especially with HDPE, is the migration of unchained, lower density molecules to the surface caused by internal pressure of the material. This gives the usually "waxy" surface appearance of PE. Grinding or scraping the weld area is therefore strongly recommended. Any dust should be wiped off with a clean cloth. Solvents or cleaners should not be used since they introduce chemicals with unknown and possible adverse effects. Scraping needs to be done just prior to welding and repeated after each pass in the event of multiple pass welding. For welds that have to comply to DVS guidelines, the welding rod has to be scraped as well.

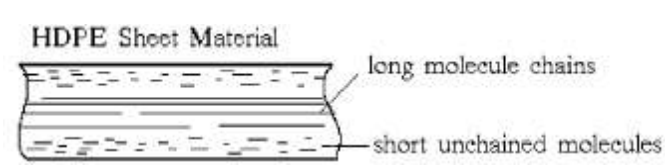


Fig. N° 16

4. TACK WELDING

The initial step in the welding process is the "tack weld." The objective is to put the parts into place, align or realign them and to prevent slippage of the material during the structural welding process (high speed weld, extrusion weld, etc.). A tack weld is easily broken apart if anything is out of alignment, whereas a structural weld requires more work and time to being removed. Common sense should determine whether an intermittent or continuous tack weld is applied. Larger structures and thick gauge materials may even require additional clamping.



Tack Welding

Fig. N° 17

5. HIGH SPEED WELDING

As far as hot gas (air) hand welding is concerned, more than 90% of the structural welds are high speed welded. In this process a filler material, the welding rod, is introduced into the seam to give supportive strength. Standard rod profiles are round and triangular. Triangular rod is applied where cosmetic appearance is important, e.g., furniture, laboratory equipment, etc. It can only be used as a single supportive weld and does not allow for the kind of surface penetration that can be achieved with round welding rod.

Round welding rod is used where "heavy duty" welds are required. It allows the fabricator to lay several beads of welding rod on top of each other. This way, a relatively thin welding rod can be used to produce a strong weld even on heavy gauge material. Common rod diameters are 1/8, 5/32, 3/16, 1/4" and their metric equivalents 3, 4, 5, 6mm.

The design of the high speed welding nozzle needs to satisfy 3 conditions: preheating the base material, guiding and preheating the welding rod and allowing for the application of pressure on both the rod and sheet.

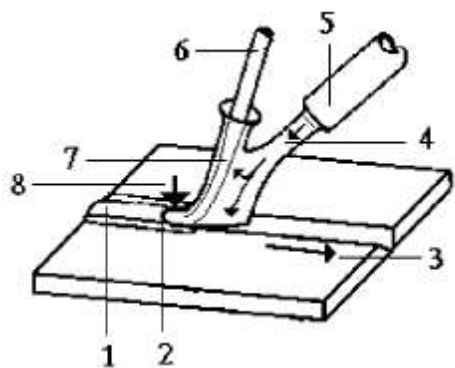


Fig. N°18

- 1. Welding Bead
- 2. Wash
- 3. Welding Direction
- 4. Hot Air
- 5. Air Heater
- 6. Welding Rod
- 7. Welding Rod at Plasticized State
- 8. Pressure



Fig. N° 19

It is important to select the correct diameter tip for the selected welding rod. An oversized nozzle will negatively affect the guidance and applied pressure and may also cut into the parent sheet. For quick and trouble-free change over from tacking to high speed welding, a combination nozzle with both features prevents worn tip threads and burnt fingers. Additional lighting may be recommended for working inside darker structures.

6. FREEHAND OR FAN WELDING

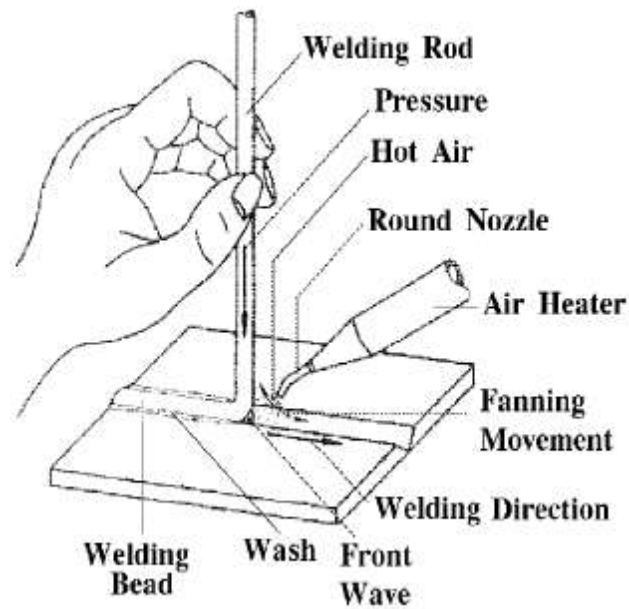


Fig. N°20

The oldest method of welding with filler rods is freehand or fan welding. This process is much slower than high speed welding but it must be used where very small parts are being welded (small fittings) or where the available space prohibits the use of high speed welding tips. The only nozzle used in this process is a small jet pipe with an opening of $\frac{1}{8}$ " or $\frac{5}{32}$ " to concentrate the heat. The operator has to wave the nozzle at the base material and the welding rod with an "up and down" and "side to side" motion in order to bring them both into the plasticized state. The necessary pressure on the welding rod is hand applied by pushing down on it vertically at a 90° angle. When the correct amount of pressure and heat are applied to the rod and base material, a small wave of molten material can be seen right in front of the welding rod. If bent backwards, the welding rod will be stretched and thinned out; if bent forwards, no wave will occur in the front and insufficient pressure will be applied to achieve a good weld. Fan welding, especially over a long period of time, requires a highly skilled operator and should be avoided if a simpler method of welding can be utilized.

7. WELD DESIGN

There are a great number of bead forms that can be specified; the most common ones are shown on the below. Certain aspects must be taken into consideration before starting to weld. A smaller diameter welding rod is preferable to a large one since it is easier and faster to control the plastidizing process. The disadvantage is that multiple beads are required for thicker gauged sheet. This could cause excessive heat stress due to the alternating heating and cooling cycles. Therefore, it is sometimes advisable to choose a different method of welding, e.g., hot gas (air) extrusion or heated tool (butt) welding. Heat stress should also be taken into consideration when bead forms are selected. For example, a butt joint performed with a double V design will generate less stress than a single V design. Here, both sides of the base material are heated up an even amount of times, which equalizes the expansion and contraction cycles.

Another consideration is the human factor. Hot gas (air) hand welding depends heavily upon the skill of the operator, and sufficient safety margins should be designed into the finished product. A little extra time spent on proper design and fabrication will help you to avoid the headaches caused by improper design and hastily performed welds.

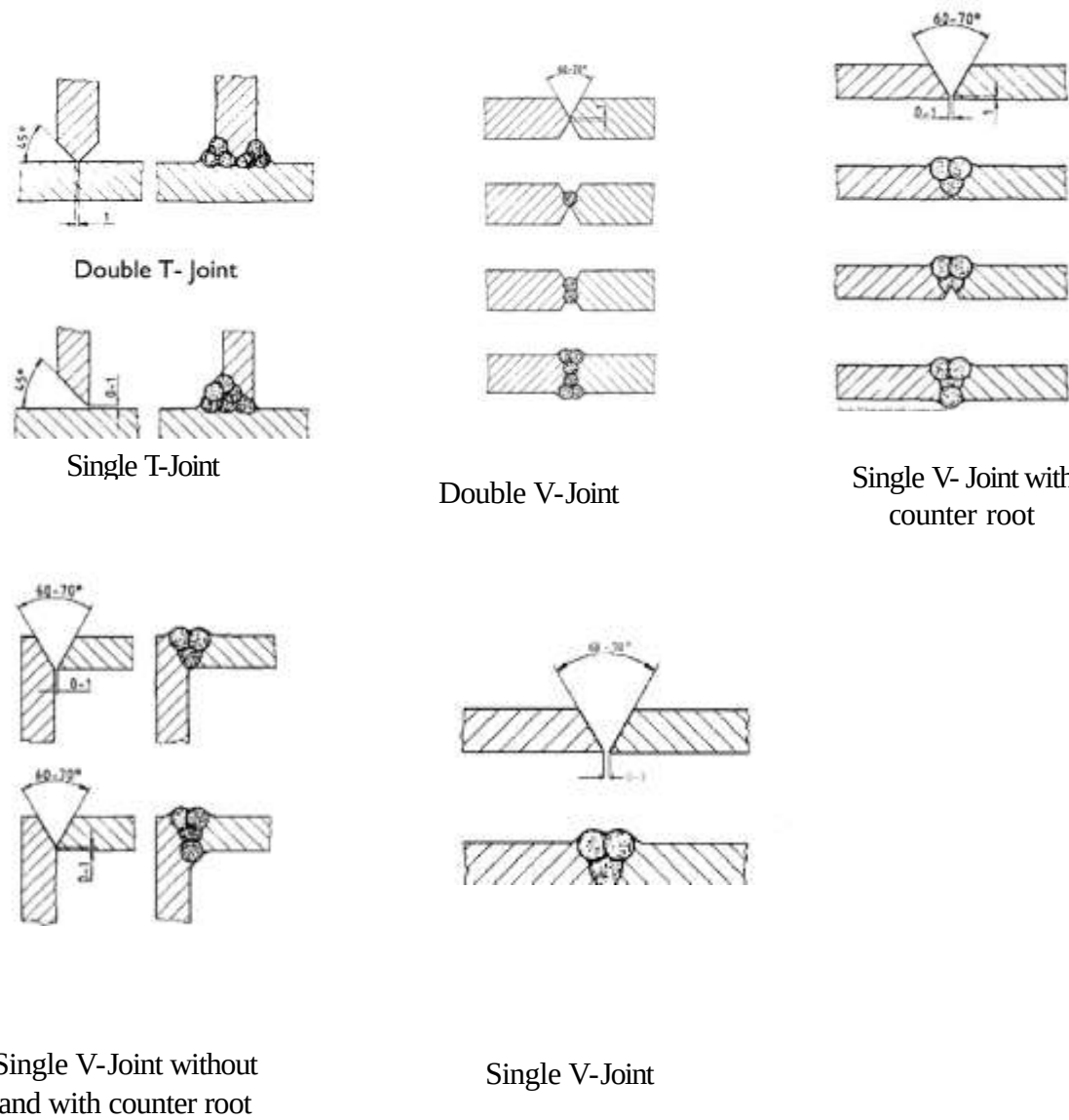


Fig. N° 21

8. HEAT STRESS PROBLEMS

We will discuss heat stress in a little more detail in this section. Physical law dictates that when materials are heated they expand, and they contract when cooled. This is known as the coefficient of linear thermal expansion. Compared to metals, thermoplastics have a much higher expansion factor under identical temperature conditions.

During hot gas (air) welding, the material will expand while it is forced into a given position by the welding rod. When cooling down, it will shrink back to its original volume but since it is fixed, it will not shrink to its original shape. A sheet that was straight may now be bowed. Due to their flexibility, thin gauge materials may be bent back into their original shape. Thicker gauge materials create more difficulties. An experienced operator will "pre-bend" the parts prior to the welding operation. Excessive heat and air volume create excessive stress. It is therefore recommend to work within the recommended temperature range and air volume to keep heat stress problems to a minimum.

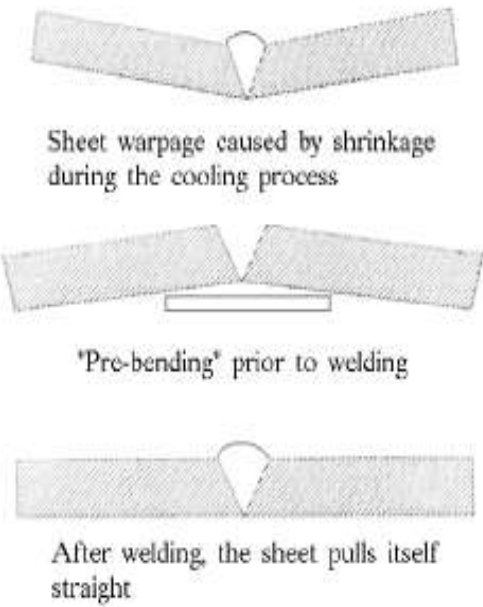
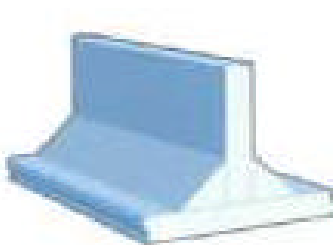


Fig. N° 22

An additional factor to take into consideration is the eventual service operating temperature of the finished product. A prime example of this phenomenon experienced by many fabricators is a PP tank with steel reinforcement. At a high operating temperature, the tank walls will expand considerably. If the steel bracing was fit too tightly around the tank, the tank will crack. To avoid this, service temperatures must be taken into consideration during the design to allow for adequate tolerances.

III. HOT GAS (AIR) EXTRUSION WELDING
1. GENERAL

Extrusion welding is an alternative to multiple pass hand welding and can be used whenever it is physically possible to operate the extruder and if the material is extrusion weldable. The benefits of extrusion welding are a minimum of heat stresses created by multiple pass hot gas hand welding and tremendous time savings.



Extrusion weld

Fig. N°23



Multiple pass hand welds

Fig. N° 24



Butt weld performed with Mini extrusion welder on 'A" thick sheet

Fig. N°25

2. EQUIPMENT AND PROCEDURE

An extruder uses either pellets or welding rod as filler material. Similar to a sheet or pipe extruder, the extrusion welder includes a melting chamber with an extrusion screw, driven by an electric motor.

With a pellet extruder, the pellets are gravity fed from a hopper into the melting chamber. A rod extruder has a feed mechanism attached to the rear of the extrusion screw that pulls the welding rod into the melting chamber. Here, either the pellets or rod are chopped into small pieces by the screw, then compressed and transported to the nozzle of the extruder. The melting chamber is heated to the melting temperature of the thermoplastic material by an electric heating system. At the end of the process, a molten, homogeneous mass is expelled through the nozzle in the front of the extruder.

This molten mass runs through a PTFE shoe that is shaped according to the type and size of the weld desired. The task of the operator is to press the extruder against the parts to be welded. Provided the PTFE shoe is shaped accordingly, the emerging material will advance the extruder by itself in the direction of the weld and also dictates the welding speed. The base material is heated by a hot gas (air) preheater, which is attached to side of the machine. Sheet preparation and weld design are in principle identical to the ones applied to hand welding.

Principle of an extrusion welding machine

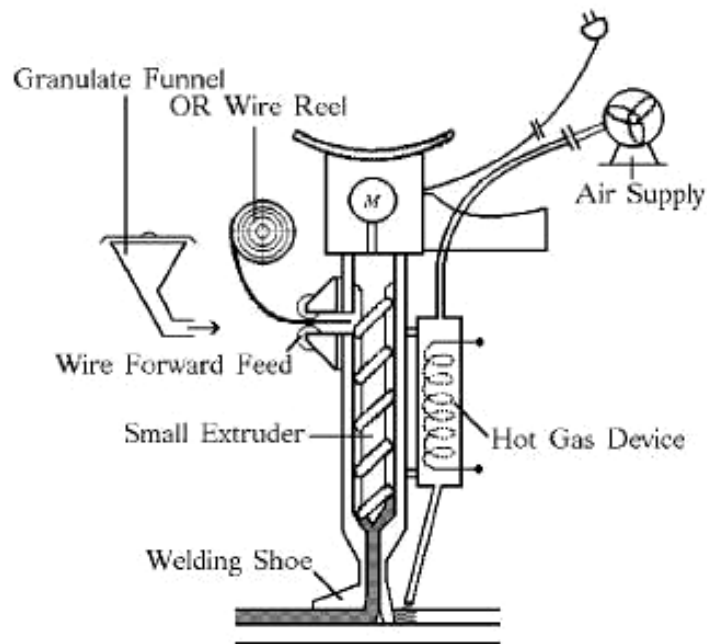


Fig. N° 26

3. VISUAL CHECK OF THE FINAL WELD

Quality hot gas (air) extrusion welding is generally easier than hot gas (air) hand welding since all temperatures (melting chamber and base material preheat) can be set prior to the welding process and can be controlled by gauges and monitored at all times. The primary function of the operator is to insure that sufficient pressure is applied and the proper speed is maintained. Too little pressure will result in the molten mass not being formed into the final bead and too much speed will cause the bead to thin out. Both of these mistakes are easy to spot on the finished product.

IV. TESTING

The means for non-destructive testing are limited. Therefore visual checking of the weld appearance is very important. A good hot gas (air) weld on most thermoplastic materials will show a slight distortion and wash along the edge of the welding rod indicating proper welding heat and pressure. A change in the surface appearance of the base material right next to the weld indicates proper preheat temperature and is referred to as HAZE (heat affected zone). A uniform appearance of the HAZE indicates constant welding speed and air volume. PVC, for example, will be shinier than the base material right next to the weld. PP and PE will have a dull appearing HAZE.

If the round welding rod retains its original shape, it is a sign that an insufficient amount of pressure was applied during the weld process. If the welding rod retains its original shape and there is no shiny/dull appearance, it is a sign that the weld was performed with an excessive amount of speed. At the other end of the spectrum, excessively high weld temperature or insufficient weld speed will overheat the base material and/or the welding rod. Overheated PP and PE will look very shiny and small splashes of material seem to spray away from the bead. These visual indications are basically the only way to check large structural parts for weld integrity.

Vessels can be pressure tested and tanks can be filled with water in order to perform a leak test. Another way to test for leak free joints is by means of spark testing of the root bead. A high voltage electrode is directed to one side of the weld with conductive material on the other. In the event of a hole in the welded seam, a spark will jump through the hole indicating weld failure.

The maximum spark length is approximately 1", otherwise the insulation properties of the plastic materials would break down due to excessive voltage. This means that the spark test should be done after the first filler weld. Otherwise, a double weld failure (i.e. one at the inside weld and one at the outside weld of a tank only 2" apart) could not be detected. Some types of welds (i.e. overlap welds) cannot be spark tested at all because test probe and conductor are more than 1" apart.



High Voltage, 10 - 55 kV AC spark tester
Fig. N° 27

DVS 2207 Part 3

Recommendation for Welding Thermoplastic Materials
(Sheet or Pipe)

MATERIAL TYPE	WELDING PROCEDURE	LBS OF PRESSURE REQUIRED ON WELDING ROD 1/8" (3mm) 5/32" (4mm)		AIR ³ TEMPERATURE	AIR VOLUME
HDPE	FH ¹ HS ₂	1.5 - 2.0 2.0 - 3.5	3.5 - 4.0 5.5 - 7.5	300 - 350°C 572 - 662°F	40 - 60 l/m 1.4 - 2.1 cfm
LDPE	FH ¹ HS ₂			260 - 320°C 500 - 608°F	
PP	FH ¹ HS ₂	1.5 - 2.0 2.0 - 3.5	3.5 - 4.0 5.5 - 7.5	280 - 330°C 536 - 628°F	
PVC - HI PVC - U	FH ¹ HS ₂	1.0 - 2.0 1.5 - 2.5	1.5 - 2.5 3.5 - 5.5	320 - 370°C 608 - 698°F	
FLEXIBLE PVC ⁴	FH ¹ HS ₂	3.5 - 4.0 1.0 - 1.5	4.0 - 5.5 1.5 - 2.5	320 - 370°C 608 - 698°F	
CPVC	FH ¹ HS ₂	2.0 - 3.5 3.5 - 4.0	3.5 - 4.0 4.0 - 5.5	350 - 400°C 662 - 752°F	
PMMA ⁵	FH ¹ HS ₂	2.5 - 3.5 2.5 - 3.5	2.5 - 3.5 4.0 - 6.5	320 - 370°C 608 - 698°F	
PVDF	FH ¹ HS ₂	2.0 - 3.5 2.5 - 4.0	3.5 - 4.0 5.5 - 7.5	350 - 400°C 662 - 752°F	

Tabla N° 26

¹ Freehand weld with round nozzle

² High speed weld with high speed nozzle

³ Measured approx. 3/16" (5mm) inside the center of the round nozzle or main opening of the high speed nozzle

⁴ Pressure roller required to high speed weld this material

⁵ Welded with PVC welding rod

DVS 2207 Part 3 (Table 1)

Recommendation for Bead Design

The root bead should be carried out with 1/8" (3mm) diameter welding rod (except when the materials thickness is less than 0.080"/2mm). The subsequent filler welds can be of a larger diameter. It is preferable to scrape each weld area prior to laying the bead.

MATERIAL THIC INCHES	CKNESS MM	WELDING ROD NUMBER OF PASSES X ROD DIAMETER
Single V Bead		
0.080"	2	1 x 0.158" (4mm)
0.120" (1/8")	3	3 x 0.120" (3mm)
0.158" (5/32")	4	1 x 0.120" (3mm) + 2 x 0.158" (4mm)
0.188" (3/16")	5	6 x 0.120" (3mm)
Double V Bead		
0.158" (5/32")	4	2(1 x 0.158") (4mm)
0.188" (3/16")	5	2(3 x 0.120") (3mm)
0.250" (1/4")	6	2(3 x 0.120") (3mm)
0.313" (5/16")	8	2(1 x 0.120"/3mm + 2 x 0.158"/4mm)
0.375" (3/8")	10	2(6 x 0.120") (3mm)

Tabla N° 27

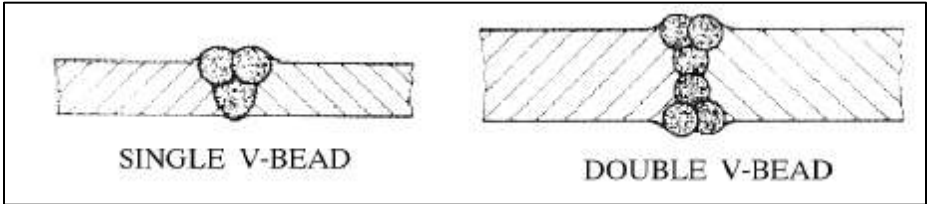


Fig. N° 28

Extrusion welding personnel should be adequately trained as the process incorporates a number of parameters and their correlation. Setting up the equipment, selecting or designing the correct welding shoe configuration, making the proper temperature adjustments in correlation to speed and shoe design and executing a good weld require process knowledge and practice. Regretfully, no US standards or guidelines have yet been established for this process as it relates to materials other than geomembrane linings. At this time most companies use the relevant DVS (German Welding Society) guidelines. Through the AWS (American Welding Society), efforts are under way to establish corresponding US documentation.

Normas de referencia relacionadas con tuberías y fittings de HDPE.

El siguiente es un resumen de normas ISO y DIN relacionadas con HDPE.

ISO 161-1	1996	Thermoplastics pipes for the conveyance of fluids - Nominal outside diameters and nominal pressures - Part 1: Metric series.
ISO 1133	1996	Plastics - Determination of the melt mass-flow rate (MFR) and the melt volume-flow rate (MVR) of thermoplastics.
ISO 1167	1996	Thermoplastics pipes for the conveyance of fluids - Resistance to internal pressure - Test method.
ISO 1183	1987	Plastics - Methods for determining the density and relative density of non-cellular plastics.
ISO 4065	1996	Thermoplastics pipes - Universal wall thickness table. Polyethylene
ISO 4427	1996	(PE) pipes for water supply - Specifications
ISO 6259-1	1997	Thermoplastics pipes - Determination of tensile properties - Part 1: General test method.
ISO 6259-3	1997	Thermoplastics pipes - Determination of tensile properties - Part 3: Polyolefin pipes.
ISO 11922-1	1997	Thermoplastics pipes for the conveyance of fluids - Dimensions and tolerances - Part 1: Metric series.
ISO 12162	1995	Thermoplastics materials for pipes and fittings for pressure applications -Clasifcation and designation - Overall service (design) coefficient.

Tabla Nº 28

DIN 8074	1999	High-density polyethylene (PE-HD) pipes. Dimensions.
DIN 8075	1999	High-density polyethylene (PE-HD) pipes. General quality requirements. Testing.
DIN 1963 PART 1	1980	Pipe Joints and Elements for High Density Polyethylene (HDPE) Pressure Pipelines. Pipe Bends of Segmental Construction for Butt-welding. Dimensions.
DIN 1963 PART 2	1983	Pipe joint assemblies and fittings for types 1 and 2 high-density polyethylene (HDPE) pressure pipes. Tees and branches produced by segment inserts and necking for butt welding. Dimensions.
DIN 1963 PART 4	1988	Pipe joint assemblies and fittings for high-density polyethylene (HDPE) pressure pipes. Adaptors for fusion jointing, flanges and sealing elements. Dimensions
		Pipe joint assemblies and fittings for high-density polyethylene (HDPE)

DIN 1963 PART 6	1989	pressure pipes. Injection-moulded fittings for butt welding. Dimensions.
DIN 1963 PART 7	1989	Pipe joint assemblies and fittings for high-density polyethylene (HDPE) pressure pipes. Fittings for resistance welding. Dimensions.
DIN 1963 PART 8	1980	Pipe Joints and Elements for High Density Polyethylene (HDPE) Pressure Pipelines. Injection Moulded Elbows for Socket-welding. Dimensions.
DIN 1963 PART 9	1980	Pipe Joints and Elements for High Density Polyethylene (HDPE) Pressure Pipelines. Injection Moulded Tee Pieces for Socket-welding. Dimensions.
DIN 1963 PART 10	1980	Pipe Joints and Elements for High Density Polyethylene (HDPE) Pressure Pipelines. Injection Moulded Sockets and Caps for Socket-welding. Dimensions.
DIN 1963 PART 11	1980	Pipe Joints and Elements for High Density Polyethylene (HDPE) Pressure Pipelines. Bushes, Flanges and Seals for Socket-welding. Dimensions.
DIN 1963 PART 13	1980	Pipe Joints and Elements for High Density Polyethylene (HDPE) Pressure Pipelines. Turned and Pressed Reducing Sockets for Butt-welding. Dimensions.
DIN 1963 PART 14	1983	Pipe joint assemblies and fittings for types 1 and 2 high-density polyethylene (HDPE) pressure pipes. Injection moulded reducers and nipples for socket welding. Dimensions.

Tabla N° 29

Calificación de Soldadura

Resistencia a la Tracción

OBJETIVO

Determinar las propiedades mecánicas de la soldadura en polietileno, sometida a carga axial de tracción, a partir de un diagrama nominal esfuerzo - deformación. Indicar el método a seguir para medir el alargamiento a la rotura y la carga correspondiente.

ALCANCE

Esta prueba es aplicable a las uniones por soldadura a tope, de polietileno.

Este método debe usarse, junto con otra serie de métodos de prueba para evaluar la calificación de las soldaduras a tope.

CÓDIGOS Y NORMAS

> Norma ISO / TC 138 / SC.5.Determination of the Tensile Strength of Test Specimens from a BUTT -FUSED Joint.

EQUIPOS DE ENSAYO

✍ Máquina de Ensayo a Tracción, provista de:

> Mordazas de Fijación.

> Velocidad constante de 5 mm / min. $\pm$ 10 %, dependiendo del espesor:

Para espesores < 20 mm = 5 mm / min. $\pm$ 10 % Para espesores > 20 mm = 8 mm / min.

✍ Indicador de Alargamiento, con una precisión de 1%.

✍ Micrómetro, con una lectura de ± 0.05 mm, para medir espesor y ancho de las probetas.

PROCEDIMIENTO

1. Se debe medir el espesor de la probeta considerando lo siguiente:
- ! Las distancias entre los agujeros taladrados en la interfase de la soldadura de las probetas.

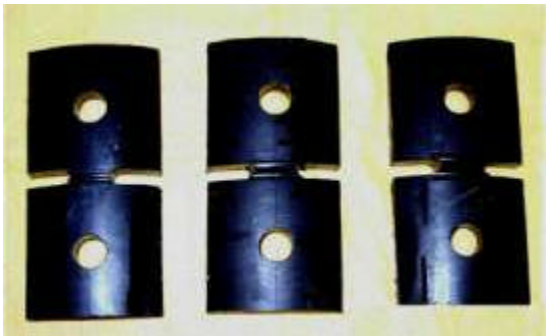


Fig. Probetas para Ensayos a Tracción.

- 2 Se fijan las probetas a las mordazas, de modo que la fuerza aplicada a las probetas sea perpendicular a la soldadura. Calibrar el cero del instrumento de medida.
- 3 Se aplica la tensión, a una velocidad constante de 5 mm / min.
- 4 Se anotan los valores de la carga aplicada durante la extensión, al igual que el alargamiento en el junto cedente hasta el fracaso completo de la probeta.
5. Se calcula el factor de soldadura S_f a través de la siguiente ecuación

$$S_f = \frac{\text{Resistencia tensil máxima del cordón de soldadura}}{\text{Resistencia tensil máxima del material base}}$$

Para que el resultado del ensayo sea satisfactorio el factor de soldadura tiene que ser mayor o igual a 0.8 para el polietileno (PE) según la norma DVS 2204 Parte I



Certificación para Instaladores de Polietileno de la IAGI
Guía de Estudio

International Association of Geosynthetic Installers
P.O. Box 18012
St. Paul, MN 55118
telephone: 651-554-1895
fax: 651-450-6167 email:
honnigford@attbi.com

Certificación para Instaladores de Polietileno de la IAGI

Guía de Estudio

El propósito de la presente guía de estudios, es el de darle al examinado, una visión general de la información que esta contenida en el examen escrito de Certificación de

Instaladores de Polietileno de la IAGI

Hay que entender, que esto es solo una herramienta para prepararse para el examen.

Hay varios nombres que se utilizan para referirse a una liner o membrana, para el presente examen la palabra que se utilizará para referirse al mismo, será geomembrana.

Técnico soldador certificado

1. Descripción del Trabajo:

Responsable de todos los aspectos de las soldaduras, incluyendo cuidado y calibración del equipo, pruebas de inicio, soldaduras en campo, preparación y prueba de cupones destructivos, pruebas no destructivas, parchado y reparación de geomembranas de polietileno.

2. Procedimiento para Pruebas de Inicio

1. Calibración de equipos, incluyendo temperaturas del equipo.
2. Prueba de inicio satisfactoria.
3. Corte y preparación de cupones.
4. Prueba de los cupones con Tensiómetro de campo.
Conocimiento del criterio de pasa/falla para pruebas de soldaduras
Puesta a punto inicial
Colocación de
Pruebas
Documentación

3. Pruebas de Inicio

1. Realizar la soldadura - soldadura por extrusión y por termofusión.
2. Cortar cupones de prueba.
3. Probar cupones en tensiómetro de campo.
4. Determinar si la soldadura cumple los criterios de pasa/falla.
5. Realizar ajustes en el equipo si la prueba de inicio son inaceptables y realizar otra prueba de inicio.
6. Volver a probar en caso de que sea necesario.
7. Registrar adecuadamente los resultados en los formatos.

4. Soldadura

A. Wedge

1. Ajuste de rodillos de compresión dependiendo del espesor del material
2. Alinear Wedge al centro de los rodillos
3. Ajustar la el control de temperatura al rango de temperaturas de operación.
4. Ajustar el control de velocidad para que realice una soldadura de calidad.
5. Asegurarse de que el traslape es el correcto y se mantenga durante la soldadura.
6. limpiar las superficies de polvo y humedad.
7. Determinar si se requiere una pieza de material bajo los paños que se van a soldar dependiendo de el terreno.
8. Determinar si las condiciones climatológicas don las apropiadas para soldar.
9. Se debe inspeccionar el frente de la soldadora para localizar si tiene orillas filosas o bordes que puedan dañar la geomembrana conforme esta va avanzando y realizando la soldadura.
10. Una pequeña cantidad de rebabas de plástico son una señal de que la temperatura se ha obtenido. Pero un exceso de la misma, arrugas o patinadas indican que hay un exceso de temperatura o de presión. Hay que ajustar la temperatura y/o la presión para obtener los correctos.

B. Extrusión

1. Ajustar el control de temperatura a los valores recomendados.
2. Ajustar el control de temperatura del cañón a los valores recomendados requeridos para soldar.
3. Permitir el precalentamiento del equipo, según las instrucciones del fabricante.
4. Asegurarse de que el cordón de soldadura este seco y libre de polvo.
5. La extrusora debe de ser purgada antes de iniciar cualquier trabajo de extrusión.
6. El traslape en los paños a soldar debe de ser por lo menos de 6 pulgadas (15 cm.)
7. El traslape debe de estar seco y libre de polvo.
8. Asegurarse de que la soldadura esté centrada en el área expuesta de la orilla del traslape.
9. Asegurarse de que las marcas de pulido al exterior de la extrusión, sean menores a 7 mm. como máximo.
10. El espesor de la extrusión debe de ser por lo menos del doble del espesor de la geomembrana, Un exceso de rebabas es aceptable siempre y cuando sea parejo en ambos lados y que no interfiera con la prueba de vacío.
11. Seleccione la boquilla de la extrusora necesaria para proveer el espesor necesario en la soldadura (Ver 4.B.10) El ángulo de la boquilla, también debe de ser el correcto para obtener el espesor correcto de la soldadura (Nivelado, dirección de la boquilla de la pistola de aire, grosor de la soldadura, etc.)
12. Cuando sea posible, inspeccionar el paño inferior para revisar deformaciones por calor, Esto se puede realizar al final de la soldadura o cuando se obtengan muestras para destructivo. Arrugas leves se pueden presentar en geomembranas de espesores de 60 milésimas y menores. Para geomembranas más gruesas, no deben de presentarse arrugas. Hay que ajustar la temperatura y la velocidad para corregir este problema.

C. Pulido

1. El pulidor debe de ser de 4" de diámetro (10 cm.) aproximadamente.
2. Las lijas deben de ser #80 o #100 si el material es de menor de 40 mils (1.0 mm).
3. Si las lijas son más abrasivas que la #80, esta puede dejar surcos o depresiones en la soldadura, que pueden representar puntos de stress o adelgazamiento.
4. El pulido nunca deberá de ser mayor al 10 % del espesor de la geomembrana..
5. El ancho del pulido debe de ser menor a 1/8" (3mm) en ambos lados de la soldadura de extrusión después de que esta ha sido aplicada
6. Pulir la geomembrana máximo 30 minutos antes de que se realice la extrusión.

5. Conocimiento de la preparación de una soldadura

1. Seca y limpia.
2. Asegurar el traslape correcto.
3. Verificar las condiciones del sustrato.

6. Monitoreo constante del desempeño de la máquina.

1. Asegurarse de que el equipo opere dentro de los parámetros aceptables de temperatura y velocidad.
2. Monitorear los valores de temperatura y velocidad que arroja la máquina.
3. Variables ambientales como temperatura, nubosidad y viento, pueden ser factores para realizar modificaciones en la temperatura de la plancha (wedge) para contrarrestar variaciones en la temperatura de la geomembrana durante la soldadura.
4. En terrenos suaves, la soldadora de patín caliente (Hot Wedge) puede tender a hundirse en el mismo, lo que puede ocasionar que le entre tierra a la plancha (wedge). El operador deberá de levantar suavemente el frente de la máquina para evitar la entrada de tierra, o utilizar un pescado (rub sheet)

7. Mantener el traslape en la soldadura

1. Revisar el traslape a lo largo de la soldadura y la continuidad en el canal de prueba de aire.
2. Ondulaciones o arrugas excesivas a lo largo de la soldadura, pueden crear cobas de pescado. El operador debe de realizar los ajustes para evitarlo.

8. Registrar temperaturas de inicio y terminación

1. Registrar las temperaturas y ajustes en la bitácora de registros (solamente prueba de inicio)
2. Registrar número de máquina, iniciales del operador, números de paño, fecha y hora de inicio en la geomembrana al inicio de cada soldadura.

9. Seguridad

1. Conocer los requerimientos de seguridad de la obra.
2. Revisar diariamente el equipo para que opere correctamente.
3. Revisar cables, contactos y tierras de posibles quemaduras ocasionadas por descarga.
4. Revisar requerimiento de bolsas de lastre.

10. Procedimientos para reparaciones

- A. Conocimiento general de situaciones que pueden causar una falla en la soldadura.
 1. Humedad, polvo etc.
 2. Velocidad, temperatura o presión en los rodillos incorrectas.
 3. Entender que no más de 10% de pelado en el ancho de la soldadura es aceptable.
 4. Pulido.
 5. Corte y ajuste de la geomembrana en bocas de pescado o arrugas.
 6. Entender en término FTB (Si el rompimiento o rasgado se presenta en el material antes de la soldadura, puede ser aceptable mas no en la soldadura.)
- B. Procedimiento básico para reparación de geomembranas (pulido-extrusión).
 1. Dimensiones del parche (normalmente 6 pulgadas (150 mm) de acuerdo a especificación)
 2. Localizar destructivos fallados (a 10 pies (3 m) a cada lado del destructivo que falló, y volver a probar estos destructivos. Hacer un Cap sobre los destructivos fallados a todo lo largo cubriendo ambas muestras.
 3. Evitar que se presente aire atrapado bajo los parches grandes.

11. Accesorios o aditamentos

- A. Instalación de botas, detalles o fijación mecánica.
 1. Requerimientos para soldadura - Traslape y pulido.
 2. Requerimientos del sustrato, compactación adecuada.
 3. Conocimiento de las aceptación de concreto - Concreto liso, limpio y libre de oquedades , varillas, etc. Espesor de concreto mínimo en caso de requerir taladrar.
- B. Conformación de botas
 1. Tamaño de la lengüeta o faldón.
 2. longitud de la manga.
 5. Cantidad y dimensiones de las abrazaderas o flejes de acero.
 6. Técnica de fabricación y soldado.
 7. Pruebas.
 8. Abrazaderas o flejes.
- C. Solera o platina
 1. Distancia entre taquetes o clavos y profundidad del taladrado
 2. Taquetes expansivos.
 3. Uso correcto de empaques y sellador.
 4. Protección de la geomembrana.

12. Mantenimiento del equipo

A. Wedge

1. Mantener limpia la plancha (wedge) para prolongar su vida útil.
2. Limpiar la plancha con cepillo de alambre así como remover tierra, o piedras de los rodillos de ajuste inferiores después de cada soldadura con el cepillo de alambre.
3. Limpiar los engranes y cadenas con un solvente limpiador, Secar con un trapo o con aire comprimido.
4. Asegurarse de que los componentes están libres de tierra y polvo.
5. Lubricar levemente los componentes que lo requieran.
6. Inspeccionar el ajuste de las cadenas.
7. Inspeccionar los tornillos.
8. Inspeccionar el voltaje de los contactos conforme a la longitud de las extensiones.

B. Extrusora

1. Asegurarse de purgar la extrusora antes de apagarla.
2. Permitir que se enfríe por lo menos de 5 a 10 minutos antes de desconectarla.
3. Inspeccionar los cepillos o carbones del motor.
4. Asegurarse de que el motor este limpio y revisar las recomendaciones del fabricante del mismo.
5. Asegurarse de que los engranes y el motor estén bien engrasados.

C. Caja de Vacío

1. Limpiar el cristal de la caja con un limpiador no abrasivo (Ej. limpiador de vidrios)
2. Guardar en su contenedor cuando no este en uso.
3. Corte orilla o remplace las gomas de ser necesario.
4. Prepare la solución más adecuada de jabón.

13. Pruebas

A. Conocimiento del termino pasa/falla

1. Resistencia de la soldadura psi (kPa) - valores y propiedades mínimas de pelado y rasgado de la soldadura (ver anexo propiedades promedio de las soldaduras)
2. 4 de 5, 5 de 5, promedio, mínimo, etc.
3. Importancia de los valores de resistencia.
4. Rasgado de la geomembrana (FTB).

B. Importancia de los valores de esfuerzo cortante y pelado

No es suficiente si el valor al corte (shear) falló fuera de la soldadura, también debe de fallar al romperse el material no en la soldadura. Si la elongación se reduce de manera drástica la soldadura pudo haber sufrido un sobrecalentamiento o un pulido en exceso, ambos pueden resultar en una reducción en la vida de la soldadura. Si se presenta pelado, el daño que se puede ocasionar es que haya una resistencia menor al agrietamiento de la soldadura restante.

C. Entendimiento básico de las pruebas no destructivas.

C-1. Caja de Vacío

1. Arme su caja de vacío para iniciar pruebas.
2. Aplicar la solución jabonosa a la soldadura que se va a probar, el área en la que se aplicará la solución debe ser más grande que la caja de vacío.
3. Colocar la caja de vacío sobre la zona de prueba.
4. Encienda la caja de vacío.
5. Aplique presión a la caja para crear el sello, observe el área de 5 a 10 segundos (La especificación de IAGI pide 5 segundos y la de la US EPA pide 10 segundos)
6. Verificar la presión constante de 5 psi (125 kPa)
7. Una vez que la prueba se ha terminado apague la caja de vacío.
8. La caja de vacío se debe de vaciar completamente antes de pasar a la siguiente prueba.
9. Si no se ven burbujas, la prueba pasa. Continúe con la siguiente área a la que se le ha aplicado la solución con un poco de traslape sobre el área ya probada.

10. Si se observan burbujas, lo cual indica una fuga, marque el detalle, repare y vuelva a probar.

C-2. Prueba de Aire

El equipo esta formado por:

1. Una bomba de aire o compresor, capaz de producir un mínimo de 25 psi. en el canal de prueba.
2. Una aguja hueca con la que se pueda inyectar el aire en el canal de prueba.
3. Un manómetro para registrar la presión del aire en el canal de prueba.
4. Una pistola de aire caliente o algún otro tipo de herramienta que produzca calor para poder sellar ambos lados del canal de prueba de la soldadura.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Sellar ambos lados del canal de prueba de la soldadura a ser probada.
2. Insertar la aguja con el manómetro en el canal de prueba en un extremo de la soldadura sellada.
3. Inyectar por lo menos 25 psi de aire con la bomba o compresor. Permitir que la presión se estabilice, y si es necesario, volver a inyectar hasta obtener la presión mínima de 25 psi. Anote la presión obtenida.
4. Una vez que se ha estabilizado un mínimo de 25 psi dentro del canal, anotar la presión, fecha y hora.
5. Después de 5 minutos se revisará la presión que hay..
6. Si la presión no ha variado más de 4 psi entre la anotada y la que se toma a los 5 minutos, se debe de volver a probar.
7. Al terminar la prueba y registrar los datos obtenidos y requeridos, hay que abrir el canal de prueba en el otro extremo de donde se esta probando. El escape del aire por ese extremo, confirmará que la soldadura en toda su extensión ha sido probada. Si el aire no escapa, el canal de aire esta bloqueado. Este bloqueo debe ser localizado y la prueba se deberá de efectuar nuevamente desde ese punto.
8. Al terminar la prueba de aire, la soldadura deberá de ser marcada y los puntos de reparación localizados

Procedimiento para prueba de aire fallida:

Si la prueba de aire fallo, las siguientes indicaciones se deberán seguir.

1. Reposicionar el manómetro y probar nuevamente la misma sección.
2. Mientras la soldadura esta presurizada, caminar a todo lo largo de la misma para escuchar la fuga de aire.
3. Mientras la soldadura esta presurizada, aplicar una solución jabonosa a la orilla de la soldadura (No cortar mucha de la ceja o sobrante de la soldadura) y observe si hay burbujas creadas por el escape del aire.
4. Volver a probar la soldadura en tramos más pequeños hasta encontrar el área de fuga.
5. Repare el área en la que se encontró la fuga por medio de soldadura de extrusión, y pruébela con la caja de vacío.
6. En las áreas en las que el canal esta cerrado y la integridad de la soldadura no es sospechosa, hacer prueba de vacío es aceptable.

14. Terminología básica de campo

1. Tipo de Geomembrana - lisa y texturizada, Polietileno HDPE (alta densidad), LLDPE (baja densidad lineal).
2. Tipos de equipos utilizados - pulidor, pistola de aire caliente, extrusora, soldadora de patín caliente (wedge), tensiómetro.
3. Prueba de Rasgado.
4. Prueba de Pelado.
5. Aceptación de terreno.
6. Encargado de Control de calidad.
7. Agrietamiento.

ANEXO C
MORFOLOGÍA DE LA
HETEROGENEIDAD. INTERPRETACIÓN DE
LAS INDICACIONES

La presentación de los resultados es del tipo A-Scan en la cual la altura de los ecos de indicación o "picos", representan la intensidad del haz ultrasónico reflejado. La línea base horizontal indica el tiempo o la distancia de recorrido, mientras que verticalmente se observa la amplitud de la señal.

La forma de la indicación del eco, puede proporcionar alguna información acerca de la morfología de la heterogeneidad.

Si la indicación del eco alcanza una altura total con pocos escalones (nodos de alta frecuencia), normalmente suele proceder de un reflector plano irradiado en dirección próxima a la perpendicularidad en dicho plano, figura 29(a). Por el contrario si la heterogeneidad no es plana o es irregular o, siendo plana o rugosa no se irradia perpendicularmente, la elevación de la indicación del eco suele ser más gradual resultando, pues, más ancha, Figura 29 (b).

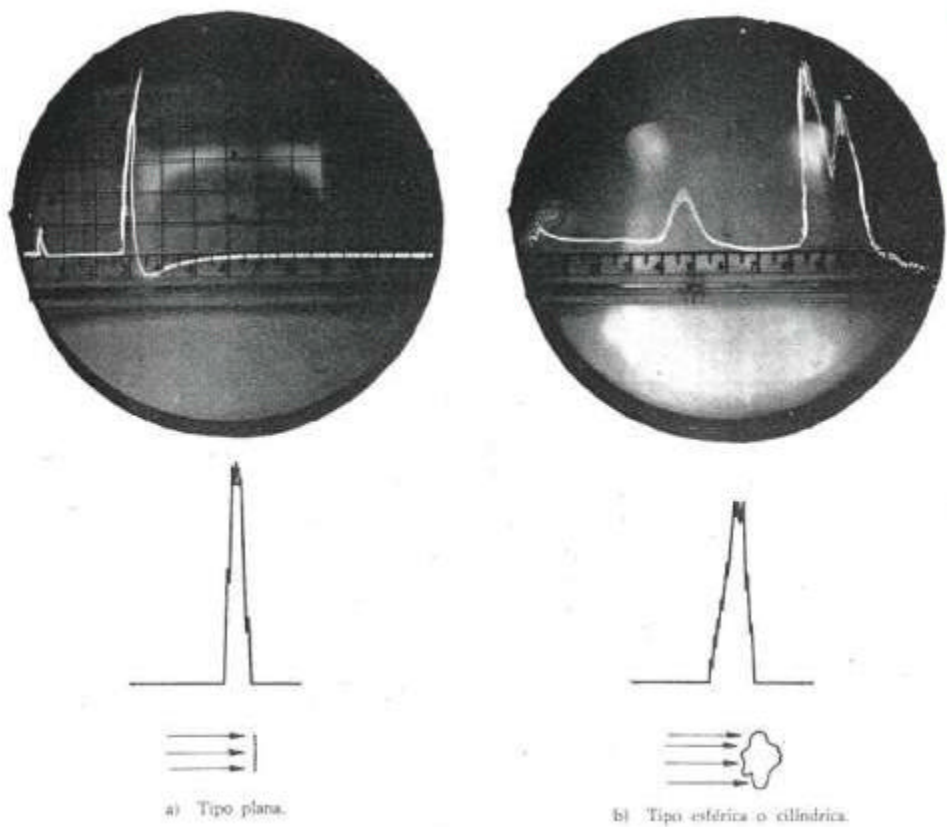


Fig. Nº29

Influencia de la morfología de la heterogeneidad sobre la forma de la indicación del eco.

A continuación se presentan unas figuras, en las cuales se dan unos criterios generales aplicables a los ensayos con palpadores angulares que pueden ayudar a clasificar la heterogeneidad dentro de algunas de las tres formas simples.

- Plana (Fig. Nº 30)
- Cilíndrica (Fig. Nº 31)
- Esférica (Fig. Nº 32)

Fig. N°30

Heterogeneidad de forma plana

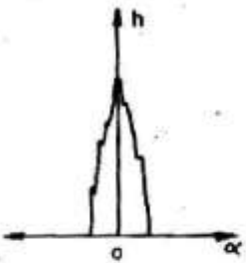
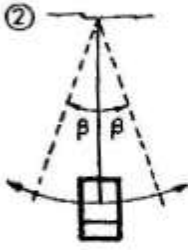
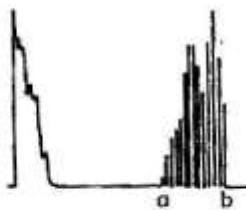
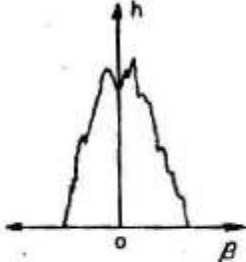
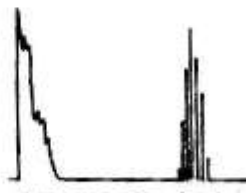
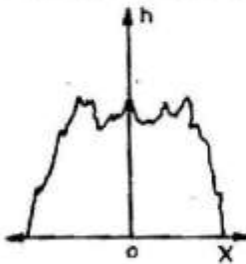
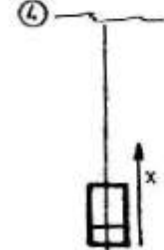
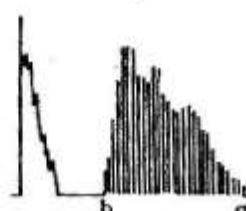
Movimiento del palpador	Variación de la indicación del eco.	Envolvente de la indicación (h = altura del eco)	Observaciones
①  Rotación	 palpador: $\alpha \rightarrow 0 \rightarrow \alpha$ eco: $a \rightarrow b \rightarrow a$	 α	Para heterogeneidades del tipo de grietas, la envolvente tiene una cierta anchura debido a que el reflector no es exactamente plano.
②  Orbital	 palpador: $\beta \rightarrow 0 \rightarrow \beta$ eco: $a \rightarrow b \rightarrow a$	 β	Envolvente de forma sensiblemente triangular escarpada. Puede presentar una depresión en la parte superior.
③  Lateral	 muy pequeño desplazamiento de la indicación del eco.	 x	Las indicaciones de los ecos sucesivos crecen rápidamente hasta un máximo. La distancia X depende de la longitud de la heterogeneidad. X aumenta (en general) con la distancia palpador-heterogeneidad y con el nivel de sensibilidad.
④  Transversal	 palpador: hacia la heterogeneidad. eco: $a \rightarrow b$	 x	Quando el palpador avanza hacia la heterogeneidad, la indicación del eco crece rápidamente al principio. A continuación la caída es rápida. X depende de la profundidad de la heterogeneidad y del ángulo del palpador.

Fig. N°31

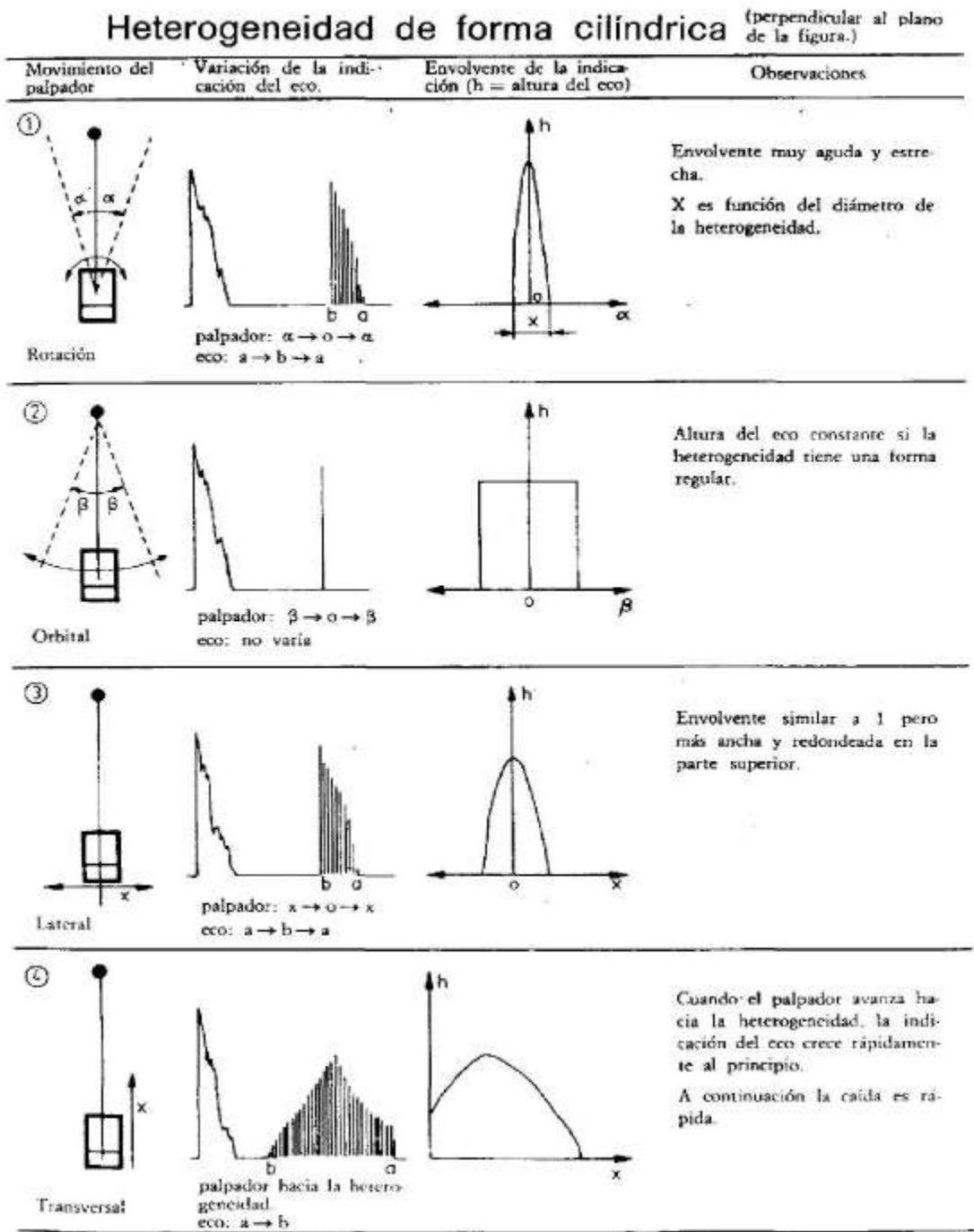
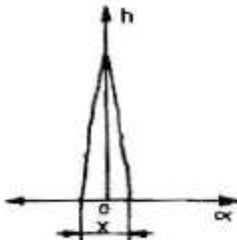
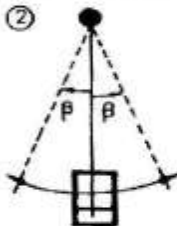
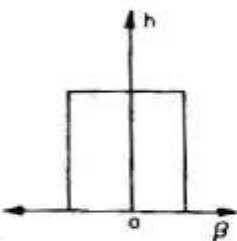
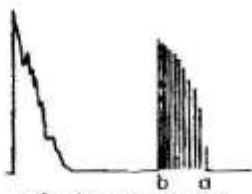
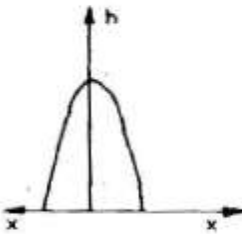
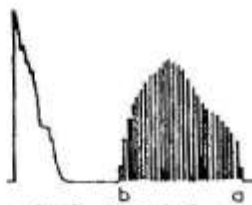
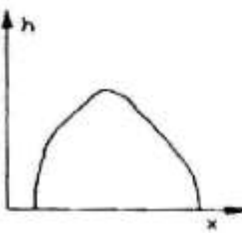


Fig. N° 32

Heterogeneidad de forma esférica

Movimiento del palpador	Variación de la indicación del eco.	Envolvente de la indicación (h = altura del eco)	Observaciones
①  Rotación	 palpador: $\alpha \rightarrow 0 \rightarrow \alpha$ eco: $a \rightarrow b \rightarrow a$		Las mismas observaciones que para la heterogeneidad de morfología cilíndrica.
②  Orbital	 palpador: $\beta \rightarrow 0 \rightarrow \beta$ eco: no varía.		Idem.
③  Lateral	 palpador: $x \rightarrow 0 \rightarrow x$ eco: $a \rightarrow b \rightarrow a$		Idem.
④  Transversal	 palpador hacia la heterogeneidad. eco: $a \rightarrow b$		Idem. Envolvente de menor anchura (en general)

ANEXO “D”

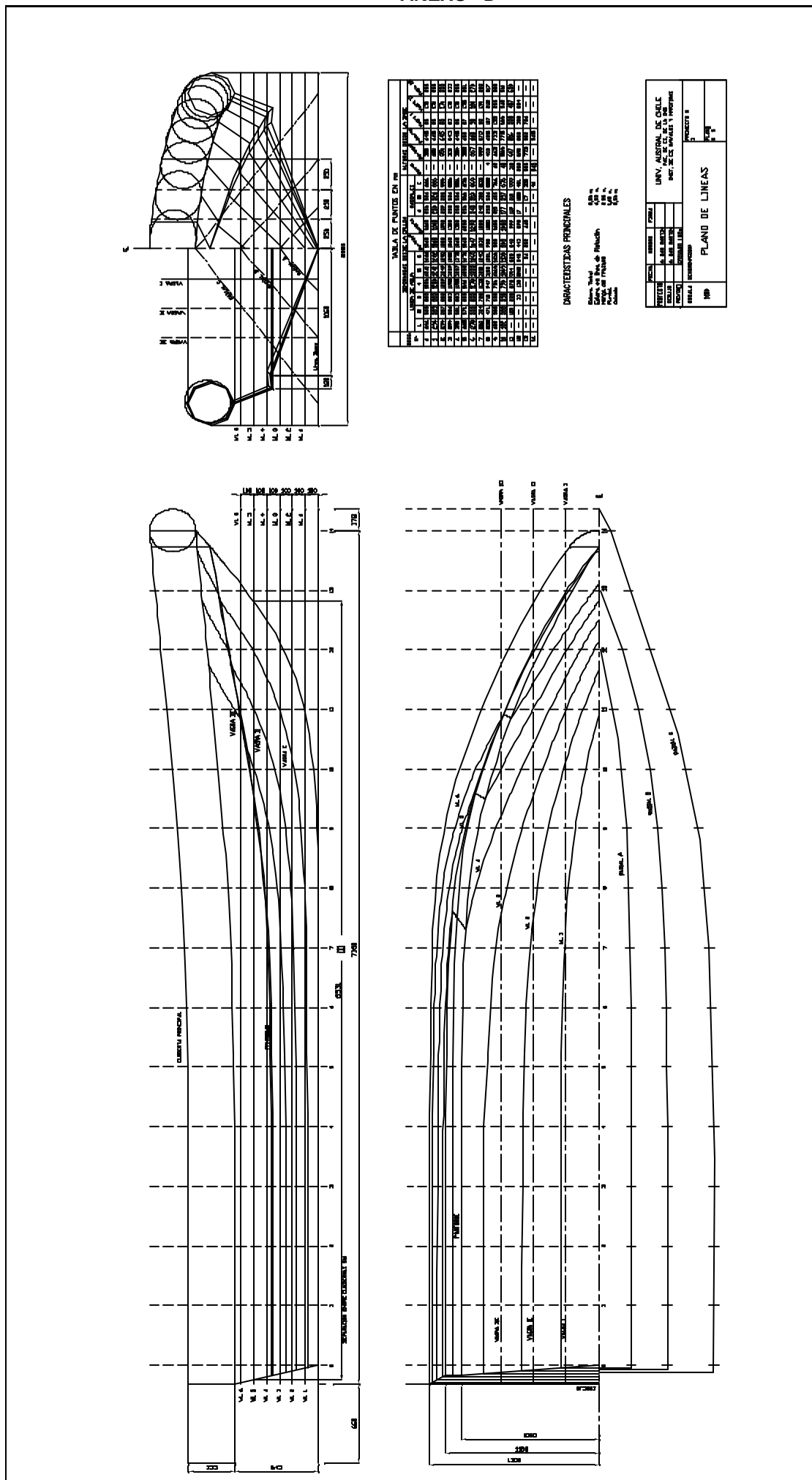


Fig. N°33

Plano de Lineas

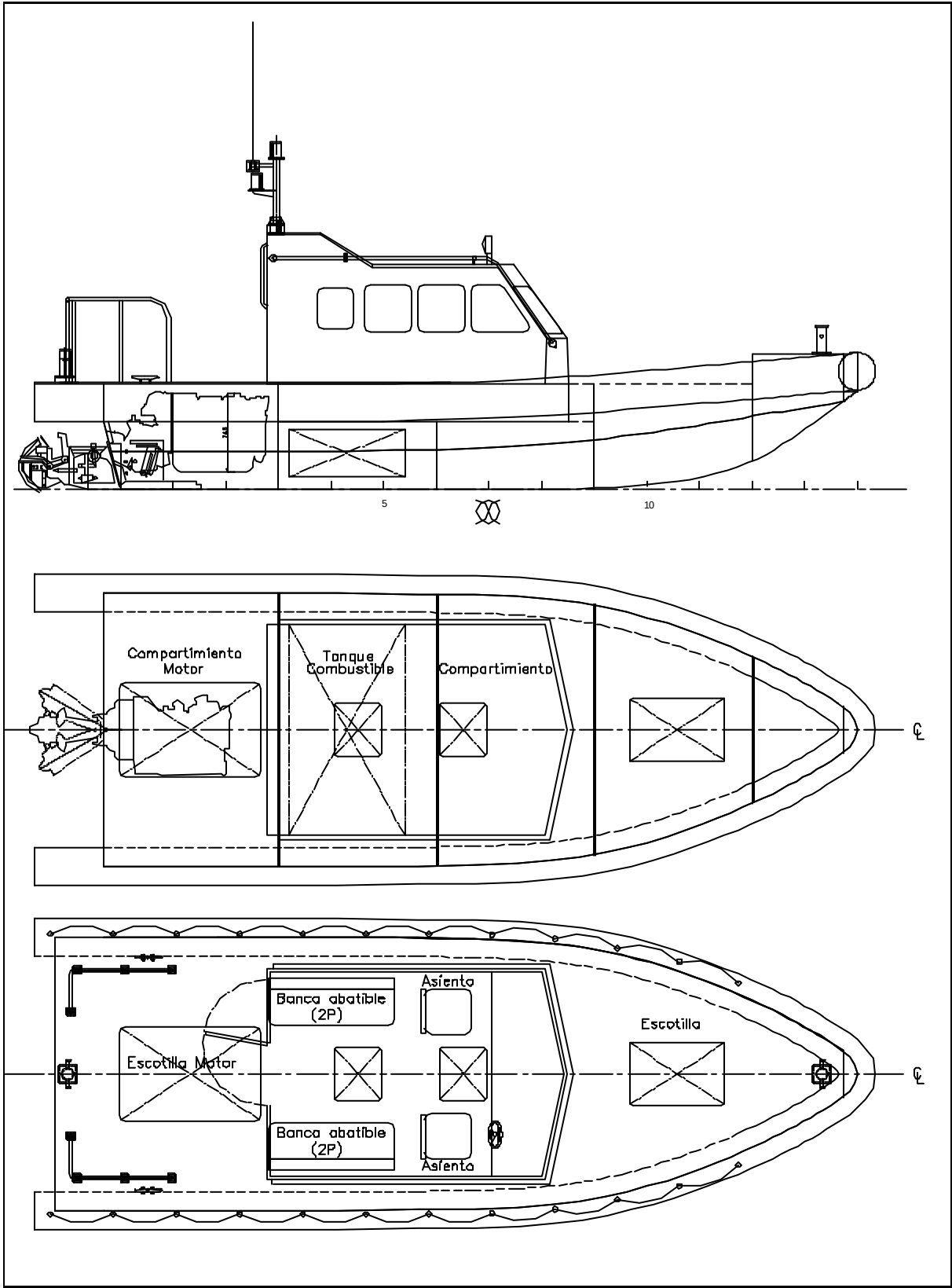


Fig. 34
Plano Arreglo General

ANEXO “E”
Bureau Veritas - Head Office
19/10/06

Relatively to your request, the limitant factor of the polyethylene is not mainly strucutral, but much more connected to fire safety requirements as polyethylene is a thermoplastic polymer.

Maxime PACHOT
Bureau Veritas - Head Office
Marine Division - Hull Department
P : +33 1 42 91 54 69
F : +33 1 42 91 53 20

Embarcaciones construidas en HDPE



Fig. N°35



Fig.N°36

Embarcaiones construidas por corelsa, España.

Embarcaciones construidas por Polarcirkel, Noruega.



Fig.N°37



Fig. N°38



Fig. N°39



Fig. N° 40



Fig. N° 41



Fig. N° 42

ANEXO “F”

COTIZACIONES

Castoldi Waterjets.

The TD05 is available in many configurations. It can be simple cable controls, and full hydraulic controls, aquamet shaft, and many other features.
The cost is from Australian \$ 9500-\$14,000.

Anthony Serrangeli
PH- +61 8 9437 3800
Fax- +61 8 9437 1541

Website- www.castoldijet.com.au
Castoldi Waterjets.
Australasian Distributors

Megametal Ltda.

From: Guido Garrido <ggarrido@plastecnia.cl>
Estos son los precios por la tubería y las planchas :

- Tuberia 355mm PN4 PE80 \$ 53.044 por metro
- Plancha HDPE 10mm \$ 102.370 c/u
- Plancha HDPE 13mm \$ 152.336 c/u
- Plancha HDPE 15mm \$ 181.059 c/u
- Plancha HDPE 20mm \$ 198.503 c/u

Atte.
Guido Garrido
Megametal Ltda.

Cotización Luces (En línea)
<http://www.tecnomar.cl/productos/categoria.tpl?categoria=accesorios&cart=114919509917488760>



Fig. N° 43



Fig. N° 44



Fig. N°45



Fig. N° 46



Santiago, Octubre 30 de 2006

Señor
Alexis San Martin
E-Mail: al3x1s@hotmail.com
Presente

**Ref. : Trabajos Termofusión
HDPE**

Estimados señores:
Tenemos el agrado de cotizar trabajos de termofusión de tuberías de HDPE para obra obra en ejecución, en la región metropolitana.

1- Alcance

Arriendo diario de maquinaria para soldar tubería de HDPE, de 355 mm de diámetro , incluye

a.- Mano de Obra:

- 1 Fusionista de HDPE.
- 2 Ayudantes soldador

b.- Equipos:

Una maq. soldar HDPE, marca Omicron, modelo PSO 740, rango 355 a 500 mm
Grupo Generador 20 KVA/380V.
Equipos menores, sierra caladora.

c.- Aportes Mandante
Tuberías y placa de HDPE.

2. - Valor Arriendo Maquina por día corrido:

- :
- | | | |
|--------------------------|---|---|
| Maquina PSO 740, por día | : | \$ 185.000,- + 19% Iva |
| 3. - Forma de Pago | : | Cheque , a 30 días. |
| 4.- Garantía | : | Cheque por \$ 25.000.000 |
| 5.- Disponibilidad | : | Inmediata. |
| 6.- Rendimiento día. | : | en montaje industrial 3 a 4 Soldadura por |

Los saluda muy cordialmente,

De Sanmarin S.A.

Luis Marín Puga
Gerente General