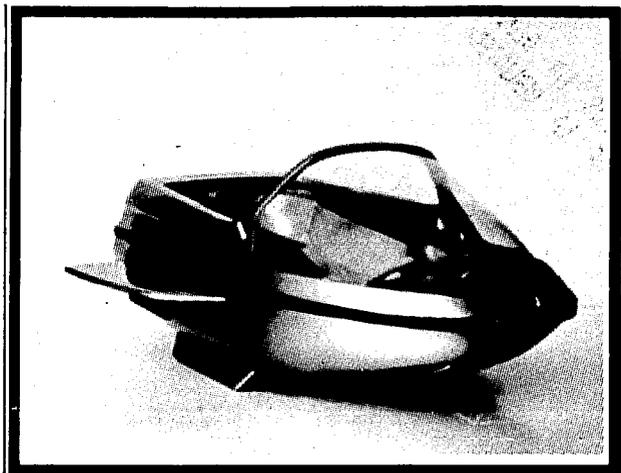


Vinsub

Tesis profesional que
para obtener el título de :
Lic. en Diseño Industrial
presenta



CARLOS ANTONIO RAMIREZ CARMONA



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL
UNAM/1992

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1993





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PRESENTACION

Vinsub es el nombre del vehículo diseñado en este proyecto de tesis llamado Vehículo subacuático para recolección de muestras y toma de datos, que se originó con la idea de auxiliar en algunas tareas de investigación científica subacuática, efectuadas por buzos. El *Vinsub* es un sumergible monoplaza propulsado por energía eléctrica que tiene la particularidad de ser abierto y tripulado por un buzo. Puede transportar diverso equipo de trabajo en un rango máximo de 50 m de profundidad, con total autonomía durante dos horas, y constituirse como un vehículo-base de operaciones que concentra el material de un equipo de buzos durante la inmersión.

Las características que el *Vinsub* ofrece para los usuarios observan factores de comodidad y seguridad, dadas las condiciones especiales del medio. Los materiales que lo componen son en su mayoría plásticos reforzados con fibra de vidrio; el diseño del casco, ajustado a las condiciones hidrodinámicas, optimiza el funcionamiento del sistema de propulsión y la calidad de navegación. Los costos de producción y precio de venta proyectados para el vehículo son razonables y permiten pensar en la operación de una microindustria en términos financieros positivos.

Si bien el desarrollo del *Vinsub* tiene los alcances propios de un proyecto escolar de tesis profesional, también se vislumbra la posibilidad de llevarlo a la realidad a través de medios adecuados que patrocinen y apoyen el proyecto; de esta manera se satisfacerían las necesidades que le dieron origen y se contribuiría de alguna manera, a confirmar la particular importancia que el diseño industrial tiene en el desarrollo de cualquier sociedad.

INDICE

INTRODUCCION	4
---------------------	----------

CAPITULO UNO	6
---------------------	----------

Los Orígenes

1.1 Antecedentes	7
1.2 El buceo como herramienta en la investigación científica	8
1.3 Algunas desventajas del buceo científico	10
1.4 El porqué de este proyecto	11
1.5 Breve historia de los vehículos sumergibles	11

CAPITULO DOS	14
---------------------	-----------

Las Condicionantes

2.1 Perfil general del proyecto	15
2.2 Características de los sumergibles húmedos (Hands-on)	18
2.3 Algunas condiciones físicas y químicas del medio acuático	20

CAPITULO TRES	23
----------------------	-----------

El Diseño

3.1 Ergonomía	24
3.1.1 Antropometría	25
3.1.2 Aspectos fisiológicos y condiciones de trabajo para el buzo	26

3.1.3 Aspectos relacionados con el uso de equipo SCUBA	27
3.1.4 Elementos ergonómicos considerados en el <i>Vinsub</i>	29
3.1.5 Postura de uso en el <i>Vinsub</i>	39
3.1.6 Características ergonómicas del espacio para el buzo en el <i>Vinsub</i>	41
3.2 Hidrodinámica	44
3.2.1 Condiciones preliminares	44
3.2.2 Requerimientos de forma	45
3.2.3 Desarrollo de la carcasa	45
3.2.4 Cálculos previos a la prueba	46
3.2.5 Simulación y pruebas en el túnel de viento	48
3.2.6 Modificaciones y correcciones a la carcasa	49
3.2.7 Conclusiones de la prueba	50
3.3 Forma	52
3.3.1 La intención de la forma	52
3.3.2 Los significantes en el <i>Vinsub</i>	53
3.3.3 La estética del <i>Vinsub</i>	53
3.4 Materiales	55
3.4.1 Resina poliéster reforzada	55
3.4.2 Policarbonato	60
3.4.3 Nylon	60
3.4.4 Hule neopreno	61
3.4.5 P.V.C.	61
3.4.6 Laca de nitrocelulosa	61
3.5 Procesos	62
3.5.1 Picado a mano y moldeo por aspersión de fibra de vidrio	62
3.5.2 Formado al vacío	63
3.5.3 Ensamblado del vehículo	63

CAPITULO CUATRO **66**

El Producto Final

4.1 Ficha Técnica	67
-------------------	----

4.2 Soluciones de Diseño	68
4.2.1 Soporte del buzo	69
4.2.2 Sistema de dirección y sistema estabilizador	69
4.2.3 Sistema de propulsión	70
4.2.4 Sistema eléctrico	72
4.2.5 Sistema de control de flotabilidad	72
4.2.6 Tablero de mando	73
4.2.7 Zona de Almacenaje	73
4.2.8 Iluminación	74
4.2.9 Equipo de emergencia	74
4.2.10 Transporte en superficie	74
4.2.11 Manejo del <i>Vinsub</i>	75
4.2.12 Planos técnicos	75
CAPITULO CINCO	95
La Producción y las Finanzas	
5.1 Condiciones de producción	96
5.2 Análisis de factibilidad financiera	115
5.2.1 Criterios de análisis	115
5.2.2 Condiciones de operación del proyecto	116
5.2.3 Cálculo del Valor Presente Neto	119
CONCLUSIONES	127
BIBLIOGRAFIA	130

INTRODUCCION

El tema de este proyecto denominado: Vehículo subacuático para recolección de muestras y toma de datos (*Vinsub*), surge por la necesidad prioritaria en México de explotar los recursos marinos y dulceacuícolas a través de tecnologías propias y adecuadas a las condiciones de nuestro país. La principal manera de hacerlo es mediante la investigación científica oceanográfica y limnológica de dichos recursos por parte de las universidades y centros de investigación. Entre estos centros destaca el trabajo que realizan instituciones como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Universidad Veracruzana (UV), Instituto Politécnico Nacional (IPN), Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Instituto Tecnológico del Mar (Veracruz, Guaymas y Mazatlán), Centro de Estudios Tecnológicos de Actividades Subacuáticas (Veracruz y Mazatlán), y demás centros en las costas mexicanas entre los que se incluyen el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y el Instituto Nacional de Pesca (INP). Asimismo, son de consideración las actividades realizadas por diversas empresas que conforman las industrias de explotación de recursos marinos, que también apoyan la investigación y el desarrollo tecnológico.

Revisando los diferentes medios de investigación marina y subacuática en general, se encontró que una herramienta muy utilizada en nuestro país para tal efecto es el buceo SCUBA (buceo con equipo de respiración autónoma). Buceando es posible realizar actividades y operaciones manuales con suma exactitud, que sólo podrían efectuarse de otra manera, con aparatos y equipos sofisticados y muy costosos. El buceo permite al investigador, estar en contacto directo con el objeto de estudio. Otro factor importante que determina el uso del buceo para la investigación, es que la mayoría de las formas de vida y objetos por estudiar se encuentran en la región pelágica (la más cercana a la costa), una zona de poca profundidad que no va más allá de los 200 m. Todos estos factores aunados al relativamente bajo costo para la práctica del buceo SCUBA, hacen de éste, un instrumento ideal para el desarrollo de la investigación subacuática.

En las actividades de buceo científico existe la necesidad de contar con un medio de transporte de material, herramientas y muestras recolectadas. Este medio permitirá la minimización de trabajo físico del buzo y el ahorro en el consumo de aire en los momentos previo y posterior a realizar sus tareas, portando todo el equipo extra del buzo y evitándole así, el esfuerzo que origina su carga. También permitirá el acopio

de material para un grupo de buzos, funcionando como base de operaciones bajo el agua; otorgando con ésto, cierta autonomía al equipo de trabajo con respecto a la superficie. En cuanto a la movilización del buzo, le permitirá recorrer distancias mayores en menos tiempo sin que ello represente un esfuerzo adicional.

Por todo lo anterior, se concluyó que un vehículo constituye el medio más adecuado para cubrir estas necesidades. Dentro del equipo de transporte para buzos SCUBA existen vehículos recreativos cuyo único fin es portar al buzo para evitarle el trabajo de pataleo, pero son poco versátiles.

El proyecto *Vinsub* contempló primordialmente el transporte de equipo y carga, así como la seguridad y condiciones adecuadas para el buzo operador. Para llevar a cabo todo ésto, el diseño del vehículo consideró factores ergonómicos en condiciones de sobrepresión del medio ambiente, en conjunto con los factores operativos y de funcionamiento, para dar una solución integral y adecuada al planteamiento. En los siguientes capítulos se presentará en forma detallada el desarrollo del proyecto y la propuesta final de diseño, revisada a través de pruebas de simulación en un túnel de viento.



Los orígenes

1.1 Antecedentes

Como es sabido, nuestro planeta está formado por mares y océanos en un 70% de la superficie. Podría decirse que este es un planeta de agua. Recientemente, hace no más de 100 años, el hombre ha comenzado a explorar estas vastas regiones y a planear la explotación de los recursos que ofrecen. De la misma manera, a la par de esta explotación y aprovechamiento de los recursos, existe el compromiso de hacerlo controladamente y de reparar lo que ya se ha dañado en estos sistemas bióticos. Si la vida en los océanos se acabara, en muy poco tiempo la vida en la superficie terrestre también finalizaría y por ende, la del ser humano. Por estos motivos es que la actitud hacia el mar debe modificarse, poniendo especial empeño en alterar el medio de modo que no constituya un peligro para la preservación a largo plazo, de todos los recursos que en él coexisten.

En este renglón es seguro que el estudio científico representa el mecanismo idóneo para evaluar y establecer las condiciones en que pueden explotarse estos recursos en el futuro, o bien, para verificar el estado de las zonas donde ya se realizan actividades industriales de explotación. Casi todos los países del mundo cuentan con instituciones de investigación científica oceanográfica. La oceanografía es la disciplina que se encarga del estudio del mar, poniendo especial interés en los aspectos químicos, físicos y biológicos. Los recursos destinados a estas actividades son cuantiosos y existe la necesidad de desarrollar técnicas y herramientas propias y adecuadas.

Es tal la importancia de la investigación oceanográfica, que la ONU participa activamente a través de la UNESCO. Las comunidades científicas de varios países con litorales, y particularmente en los países desarrollados, estudian permanentemente sus recursos marinos y los ecosistemas de aguas poco profundas. En 1961, la oceanografía fue reconocida como una muy importante actividad por la UNESCO, dando respuesta a la necesidad manifiesta de la comunidad científica internacional, de cooperación en este campo.

Por esta razón, se creó especialmente la División de Ciencias Marinas, que desde entonces ha tomado a su cargo diversas iniciativas de proyectos en todos los niveles. Como ejemplo y dentro del marco del Proyecto Mayor Interregional para las Costas Marinas (COMAR), la UNESCO promueve la investigación costera y la capacitación de recursos humanos para administrar los recursos existentes y sus industrias laterales.¹ Existen además, diferentes instituciones y organismos que también realizan por su cuenta investigaciones oceanográficas. Destaca el trabajo del capitán francés Jacques Yves Cousteau, quien a bordo del buque oceanográfico *Calypso*, ha recorrido prácticamente todo el mundo.

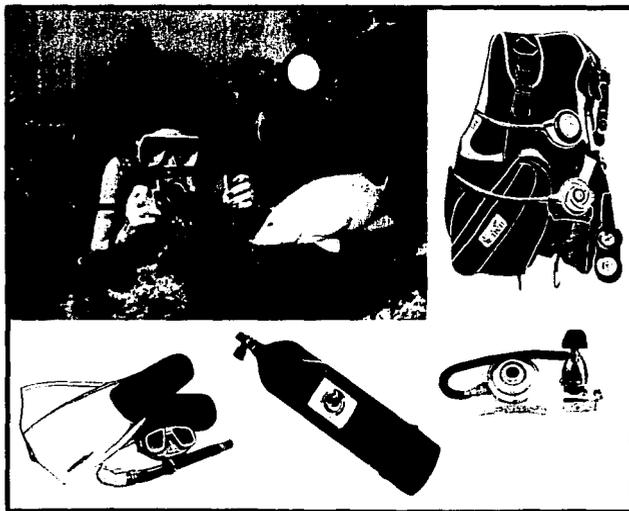
1.2 El buceo como herramienta en la investigación científica

Revisando los diferentes métodos y técnicas para la investigación subacuática, existe una gran variedad que incluye la utilización de embarcaciones de superficie, satélites, sumergibles, sondas, habitats subacuáticos, plataformas marinas y otros dispositivos mayores, así como infinidad de artefactos menores. Una de las actividades que más apoyo brinda en el manejo del equipo enlistado, es el buceo.

El buceo aplicado como técnica auxiliar en investigaciones subacuáticas se llama buceo científico. El buceo científico es actualmente una de las técnicas más productivas para la oceanografía. Es un complemento y a la vez un soporte para las observaciones remotas, mediciones y recolección de datos y materiales obtenidos en el mar durante las investigaciones. Desde los comienzos de la investigación subacuática, los científicos han realizado esfuerzos para observar personalmente el medio acuático bajo la superficie. Biólogos marinos, estudiando arrecifes de coral y otros tipos de fauna y flora bentónicos en aguas poco profundas, han podido auxiliarse con cierto éxito del buceo libre (buceo sin aparatos). Otros se han aventurado hacia las profundidades, utilizando equipos de buceo que dependen de la superficie, como el buceo con escafandra. Asimismo, con el desarrollo de vehículos sumergibles tripulados, como los submarinos, los científicos contaron con herramientas muy útiles para la investigación y observación *in situ*.

Sin embargo, siempre se hizo necesario incrementar el tiempo de permanencia bajo el agua del buceador sin aparatos. Es en 1943 cuando se marca un parteaguas en la historia del buceo; Jacques Cousteau y Emile Gagnan, desarrollan un sistema para respirar bajo el agua sin depender de la superficie. Este recibió el nombre de *Aqualung*, que después se generalizó para los sistemas subsecuentes como SCUBA (Self-Contained

Underwater Breathing Apparatus). Este equipo se compone de un tanque que contiene aire comprimido, un regulador de demanda con boquilla para la aspiración, un chaleco compensador de flotabilidad y medidores tanto de presión de aire en el tanque, como de profundidad. Para bucear a pulmón, sólo se necesita un par de aletas, visor y snorkel (tubo respirador). Aunando un equipo SCUBA a lo anterior, se puede conseguir una gran autonomía de operación bajo el agua. Las enormes ventajas que se obtienen en la investigación a través del buceo, radican primordialmente en la cercanía que el científico logra con su objeto de estudio. A diferencia del uso de sumergibles con brazos mecánicos, el buzo puede palpar los materiales y hacer una selección muy específica y cuidadosa de algún ejemplar de interés. Puede observar visualmente un hecho en especial y trasladarse dentro de cierto campo de acción con total libertad. Puede integrarse completamente al medio acuático casi como si se tratara de un organismo más de los muchos que pueblan las aguas.



En cuanto a los costos de operación, el buceo es relativamente barato en comparación a otros equipos y sistemas, como son los sumergibles cerrados o las sondas. El equipo especial que por lo general es delicado y costoso, requiere de un manejo cuidadoso en extremo; su manipulación en las maniobras de botado y recuperación es efectuada por buzos SCUBA perfectamente capacitados.

Las áreas científicas donde se emplea el buceo incluyen la biología, geología, oceanografía física, oceanografía química y arqueología entre otras disciplinas. Dentro de los estudios más importantes en biología y pesquerías destacan aquellos sobre la estructura de comunidades bentónicas como los arrecifes coralinos y los bosques de macroalgas, los estudios de comportamiento animal, evaluación de artes de pesca, arrecifes artificiales, etc. En el campo de la geología destacan los trabajos sobre mapeo y caracterización geológica de diversos ambientes, estudios de sedimentología y granulometría. En oceanografía son relevantes los estudios sobre corrientes marinas y caracterización de diferentes ambientes limnéticos y marinos a través del registro de parámetros como temperatura, salinidad, oxígeno etc. En el área de la arqueología subacuática son importantes los trabajos de localización y recuperación de hundimientos (galeones y otros pecios).²

1.3 Algunas desventajas del buceo científico

Desde luego, el uso de equipo SCUBA tiene limitaciones operativas de tiempo, que se añan al hecho de que la fisiología del organismo es alterada por los aumentos en la presión ambiental conforme se desciende en el agua. Todo ésto se traduce en los tiempos de permanencia bajo el agua, que son infinitamente cortos si se les compara con los tiempos de que dispone un investigador terrestre en un medio aéreo, para el cual no requiere adaptación ni dispositivos especiales. Esta limitante de permanencia es una desventaja del buceo como herramienta para la investigación. Sin embargo existen habitats subacuáticos donde los buzos han permanecido por espacio de un mes sin salir a la superficie, auxiliándose en los problemas de presión con cámaras hiperbáricas, donde se normaliza la presión parcial del nitrógeno disuelto en la sangre y se evitan con ello, los barotraumas. El problema de estos habitats es su elevado costo de fabricación y manutención, que los hace inalcanzables aún para países con grandes recursos económicos.

La práctica más difundida del buceo científico comprende las inmersiones por cortos periodos de tiempo no mayores a unas horas, para poder regresar a la superficie y desempeñar otras labores complementarias. Por este motivo, quedando muy claro que es imposible por el momento modificar la fisiología del organismo

para eliminar todos los problemas concernientes a la respiración y a la gran presión en el agua, se requiere dotar a los investigadores con recursos y herramientas que les faciliten las actividades bajo el agua y que optimicen su tiempo para aprovecharlo al máximo con el menor esfuerzo y gasto energéticos posibles.

1.4 El porqué de este proyecto

Para desarrollar este proyecto de diseño industrial, se detectó la importancia de tener un medio auxiliar en el transporte del buzo y de sus herramientas de trabajo, y así facilitar la maniobrabilidad en el agua, que lógicamente disminuye por el aumento en la densidad con respecto al aire y el aumento en la presión. Considerando que el mayor problema operativo bajo el agua cuando se realizan investigaciones, es el transporte del múltiple equipo extra que se utiliza -lo que origina pérdida de tiempo y sobreesfuerzo para el investigador-, se planteó diseñar un medio para facilitar estas tareas. De esta manera se eligió un vehículo, tomando como parámetro, la enorme utilidad que prestan los sumergibles para el trabajo de los buzos. Las características necesarias para este vehículo de buceo difieren de las tradicionales para los vehículos sumergibles cerrados del tipo de los submarinos.

1.5 Breve historia de los vehículos sumergibles

La exploración del mundo subacuático ha sido siempre una historia llena de obstáculos por vencer. Cuando los primeros buzos requirieron una mejor visión bajo el agua, diseñaron los visores y los snorkels. Cuando Jacques Cousteau tuvo que interrumpir una toma fotográfica para subir a la superficie a respirar, comenzó a buscar el medio para prolongar su permanencia bajo el agua; así diseñó el *Aqualung*.

Desde entonces, el mayor obstáculo para la exploración subacuática ha sido la presión hidrostática. Los pioneros en el océano se esforzaron por ir cada vez más lejos; en este caso, cada vez más profundo y por lo tanto, con mayores complicaciones derivadas del aumento en la presión. En consecuencia, el deseo de sumergirse a mayor profundidad, dio como fruto la creación de varios sumergibles. En 1948, el científico suizo Auguste Piccard botó el submarino *FNRS 2*, al cual llamó *Batiscafo*, derivado de las etimologías griegas *bathos* -profundidad- y *scaphos* -nave ó barco-. La inmersión a 3000 m de profundidad fue totalmente exitosa. Doce años después, en 1960 el hijo de Piccard, Jacques Piccard y un teniente de la Armada Naval norteamericana llamado Donald Walsh, descendieron en un vehículo inspirado en el *FNRS 2* pero con

sustanciales mejoras, al que bautizaron como *Trieste*. Lograron descender a 10,740 m (35,800 ft) bajo la superficie, en una depresión conocida como fosa de las Marianas en el Océano Pacífico.

Logros como los anteriores avivaron el interés de aquellos que buscaban incrementar los límites para el buceo individual con aparatos para continuar con las exploraciones y programas de investigación. Esta carrera derivó en algunos ahora famosos submarinos de investigación como el *ALVIN*, botado en 1964 y diseñado por Allyn Vine o el *Archimede*, con un rango de operación de 10,800 m (36,000 ft) de profundidad. El más antiguo sumergible de trabajo que aun se utiliza, es el *SP 350*. Este sumergible fue botado por Cousteau en 1959 y lo desarrolló con los ingenieros André Laban y Jean Mollard. Recientemente se han construido otros submarinos de investigación como el *Nautilus*, francés de principios de los ochenta y el *Deep Flight* que aun se encuentra en construcción para esta fecha (septiembre 1992).



Las innovaciones en el campo del diseño y construcción de vehículos subacuáticos comenzaron a incrementarse de manera considerable hace no más de veinte años aproximadamente, con el desarrollo de los plásticos, que ha permitido nuevos y más eficaces sumergibles. Algunos de ellos se han hecho con fines recreativos y su uso se difunde en los principales centros turísticos marinos del mundo. Otros han seguido desarrollándose para apoyar diferentes trabajos de investigación. La industria de sumergibles en general, ha recibido mucho apoyo de la industria petrolera, que debido a su expansión ha requerido de vehículos para inspeccionar los oleoductos marinos o las bases de las plataformas de extracción.³

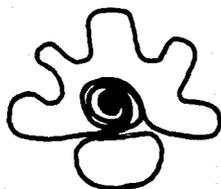
En cuanto a los sumergibles de tipo abierto o húmedos (hands-on) como se les conoce a aquellos vehículos donde el agua penetra y es necesario el uso de equipo SCUBA para la respiración, también se han diseñado diferentes opciones.

NOTAS

1.Cfr. N.C. Flemming and M.D. Max. Scientific diving: a general code of practice. (UNESCO, 1990), preface.

2.Cfr. Carlos Candelaria. El buceo científico en la UNAM (Folleto). Fac. de Ciencias UNAM, 1990

3.Cfr. Tim Knipe. Riding Beneath the Waves. (Scuba Times, Vol. 12, No. 3, may-june 1991), pp 26-29.



Las condicionantes

Este capítulo sienta las bases generales de información considerada para diseñar el vehículo. En él se mencionan aspectos directamente relacionados con las condiciones que deberá cumplir el diseño. Los factores ergonómicos, hidrodinámicos y de trabajo se explicarán en el siguiente capítulo.

2.1 Perfil general del proyecto

Como se mencionó, el objetivo primordial para efectuar este proyecto de diseño es:

- Dotar a los buzos científicos de un vehículo auxiliar durante cada inmersión.
- Apoyar la toma de datos *in situ*
- Transportar el equipo de trabajo y los ejemplares recolectados.

Estas labores comprenden la medición de especímenes, marcaje, anotaciones, muestreo de sedimentos, captura de organismos, colecta de agua, toma de fotografías y recorridos de observación en zonas delimitadas. El material necesario para efectuar lo anterior es variado y numeroso. En términos generales, los objetos son: cuadrantes, varillas, frascos y bolsas de colecta, tablillas de escritura, marros, cinceles, cintas de medición, boyas, goteros, cabos, cadenas, equipo de video, equipo fotográfico, trampas, redes, termómetros, niveles, estacas, fotómetros, colectores de plancton y varios más, dependiendo de los objetivos y necesidades de cada inmersión.

En la siguiente página se enlistan e ilustran algunos de estos elementos.

1. Cuadrante

2. Varilla

3. Frascos y bolsas de colecta

4. Tablillas de escritura

5. Marros, cinceles

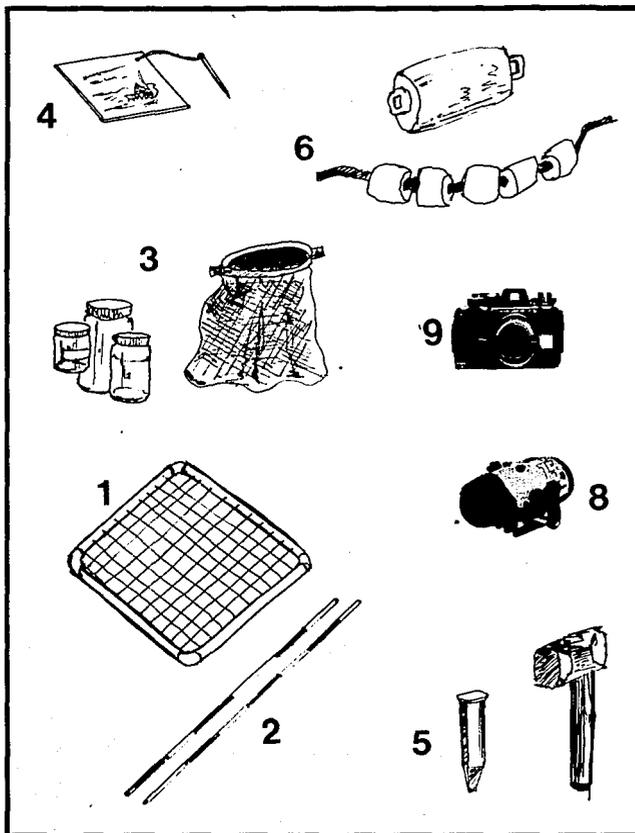
6. Boyas

7. Cabos y cadenas

8. Equipo de video

9. Equipo fotográfico

10. Varios



Para satisfacer la demanda de espacio, se requiere diseñar una zona de almacenaje y transporte dentro del vehículo, que brinde protección al contenido. Asimismo, esta zona deberá ser de fácil y rápido acceso. También se requiere un espacio que contenga al usuario, que en este caso es un buzo SCUBA encargado de conducir el vehículo en cada inmersión. Un espacio auxiliar se incluye para portar equipo de emergencia y apoyo. Todo este sistema requiere también de un medio de propulsión adecuado y de sistemas auxiliares para garantizar la seguridad y el buen funcionamiento del vehículo durante la navegación. Este podrá manipularse con facilidad y un amplio factor de seguridad. Una característica que hace especial este vehículo es su condición de sumergible "húmedo". Debido a que su intención es transportar buzos, no requiere ser cerrado, pues el buzo tiene resuelta con su equipo la función de respiración. Así este vehículo puede clasificarse en la categoría de sumergibles "húmedos" o "hands-on" como se les llama en inglés. El límite de profundidad de trabajo se establece en 50 m (150 ft) tomando en consideración que este límite corresponde al fijado para realizar buceo de no descompresión.

Y como en cualquier objeto, en el *Vinsub* es necesario agrupar todos sus elementos de manera armónica y adecuada tratando de alcanzar el equilibrio entre las tres condiciones máximas del diseño industrial: forma, función y ergonomía. En el caso particular del *Vinsub*, las tres condiciones están íntimamente ligadas entre sí. La que lleva la pauta es la función, determinada en gran medida por la hidrodinámica y a partir de ella se deriva la forma que se enlaza con la ergonomía para generar una solución óptima de diseño, apoyada también por los materiales y los procesos de fabricación adecuados. A todo lo anterior lo aglutina un elemento muy especial que es, el ambiente subacuático.

Además de las directrices generales en el diseño, se presentan algunos elementos secundarios pero no por ello, carentes de importancia para el desarrollo del proyecto. Estos elementos comprenden la productividad y la factibilidad financiera del proyecto, pues en estos momentos, debido a las condiciones de la economía y las relaciones comerciales a nivel mundial, es conveniente generar soluciones de diseño que permitan utilizar las tecnologías en uso dentro del país, para tener productos con visos de éxito a medida de las posibilidades en la industria mexicana.

2.2 Características de los sumergibles húmedos (hands-on)

Este apartado se abre debido a que el vehículo diseñado en este trabajo de tesis corresponde a esta categoría. Cabe resaltar que se trata de vehículos poco comunes de los cuales no existen muchos ejemplos en el medio. En México no hay normalización para su diseño y fabricación. Sin embargo, la Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas (CMAS) en conjunto con la UNESCO, ha especificado una serie de características que recomienda observar para el diseño y operación de este tipo de vehículos, además de las propias normas que existan en cada país.¹

Estas recomendaciones son en resumen, las siguientes:

1. Disciplina. Las operaciones de los vehículos sumergibles deberán realizarse con disciplina a través de una serie de reglas que garanticen la seguridad de todos aquellos que participen en la actividad.

2. Cadena de mando. Esta deberá componerse del personal más capacitado y experimentado que asegure el buen soporte y operación del vehículo, del plan de buceo y de los procedimientos de operación y de emergencia. Otros factores que deben contemplarse incluyen sobre todo, la seguridad de la misión; relación con las embarcaciones de apoyo y la costa, carga de baterías y preparación del vehículo. Botado del vehículo, inmersión y recuperación. Reunión de planeación del personal, resistencia física del conductor y tripulación, así como su experiencia y dispositivos de emergencia.

3. Pilotos y tripulación. Los pilotos deberán ser buzos experimentados con un excelente conocimiento del entorno; tener habilidad para manejar sistemas mecánicos y eléctricos, además de estar familiarizados con todos los sistemas de funcionamiento del sumergible. El piloto es responsable de revisar el estado de todo antes y después de la inmersión. Los miembros de la tripulación deben conocer los procedimientos de emergencia. Es conveniente evitar los ascensos o descensos rápidos, pues dificultan la compensación de presión en los oídos, sobre todo si las dos manos del buzo se encuentran ocupadas en la conducción del vehículo.

4. Plan de buceo. Este deberá tomar en consideración el sitio y las condiciones ambientales, el objetivo de la inmersión, la cédula de buceo, los requerimientos especiales para esa misión, consideraciones de

seguridad, comunicaciones, resistencia a la fatiga de la tripulación, tiempo, corrientes y mareas; profundidad de la zona y topografía, peligros conocidos, temperatura del agua, entre otros.

5. Embarcación de apoyo. Deberá estar habilitada para asistir al sumergible desde su botadura, hasta su recuperación segura. Es recomendable para no perder la ubicación del sumergible, que se señale con flotadores la posición de la embarcación, sobre todo si se encuentra en aguas profundas y sin obstáculos visuales. También se recomienda conocer los límites fijados por las autoridades navales del lugar, para efectuar maniobras de botado y recuperación de vehículos u otros artefactos. Una visibilidad en superficie no mayor a una milla (1.6 km), impide las operaciones con sumergibles.

6. Lista de verificación. El más sofisticado vehículo, requiere lógicamente la más elaborada lista de verificación, aunque, hasta el más simple de los vehículos requiere de una rutina fija de verificación, para evitar problemas como fugas de gas en las baterías, o penetración de agua en los espacios cerrados.

7. Inmersión. El tiempo máximo de duración para cada inmersión debe contemplar un límite que permita tener reservas de energía para casos de emergencia; estas reservas no podrán ser utilizadas para ningún otro propósito. La velocidad de avance estará restringida a las limitaciones de visibilidad en el agua. Los tiempos de permanencia bajo el agua, así como los rangos de tiempo para el ascenso, nunca deberán exceder a los normales fijados para una inmersión SCUBA. El rango de operación será establecido de manera que no dificulte la comunicación entre el sumergible y la embarcación de apoyo. También es muy útil tener una reunión evaluatoria al terminar la inmersión, pues ésto permite detectar cualquier problema de funcionamiento del vehículo y su corrección antes de efectuar otra inmersión.

8. Diseño del vehículo. El diseño debe reducir la posibilidad de complicaciones. El vehículo debe estar provisto de fuentes de energía para emergencias y de facilidades para perder el lastre. El compartimiento para las baterías debe ser estanco incluyendo los interruptores y demás equipo eléctrico. Cuando sean recargadas las baterías, se debe mantener el compartimiento bien ventilado y preferiblemente, purgarlo con nitrógeno al abrirlo o cerrarlo. Las baterías deben contar con aisladores, circuitos de break y fusibles. Es recomendable el uso de un explosímetro para medir las mezclas de gas que pudieran ser peligrosas.

Debe considerarse la estabilidad del vehículo en condiciones estáticas y dinámicas, incluyendo a la tripulación tanto en la superficie como en la inmersión. Otros factores importantes para diseñar un vehículo

de este tipo, deben observar la resistencia al avance del vehículo, los requerimientos totales de energía eléctrica necesaria, el control de flotabilidad y lastrado; los sistemas a prueba de agua, los instrumentos, los factores ergonómicos, la capacidad de carga y la seguridad con respecto a descargas eléctricas.

9. Procedimientos de operación. Estos deberán establecerse para las siguientes tareas: carga de baterías, preparación de la inmersión, botado del sumergible, comunicación y arrastre, momento al emerger, recuperación e izado en la embarcación de apoyo.

10. Procedimientos de emergencia. Estos deben establecerse para prever cualquiera de las siguientes situaciones: presencia de fuego o fallas eléctricas, inundaciones, pérdida de aire a alta presión, pérdida de contacto o comunicación con la superficie, extravío de algún buzo, o que el vehículo se encuentre fuera de control.

11. Equipo de seguridad. Para este efecto pueden considerarse: Localizador de rumbo por radio (RDF), luz estroboscópica de xenón, faro, silbato, cuerdas para izado, boyas y un radiocomunicador portátil bien resguardado en un contenedor a prueba de agua, para su uso en la superficie.

2.3 Algunas condiciones físicas y químicas del medio acuático

Son muchos los factores físicos y químicos que afectan el comportamiento en el medio acuático, tanto de los objetos, como de los seres humanos. Primero se expondrán los físicos y al final los químicos. Así se tiene la presión que está definida por la fuerza que actúa por unidad de área, expresada matemáticamente como: $P = f/a$

Comúnmente se mide en ATA (atmósferas absolutas), en psi (pound per square inch - libra por pulgada cuadrada-) o en kg/cm^2 . Bajo el agua cualquier cuerpo está sometido a una presión que resulta de dos fuerzas: el peso del agua y el peso de la atmósfera sobre el agua. La presión atmosférica se ejerce sobre cualquier cuerpo o estructura que se encuentre en ella. A nivel del mar, su valor es de 1 ATA, 14.7 psi o 1.03 kg/cm^2 . La presión hidrostática resulta del peso del agua que actúa sobre cualquier cuerpo o estructura inmerso en ella, en todas direcciones y sentidos. Aproximadamente a cada 10 m de profundidad corresponde un incremento de 1 ATA de presión hidrostática, Así, a una profundidad de 30 m, se tiene una presión

hidrostática de 3 ATA. La presión absoluta resulta de sumar la presión atmosférica más la presión absoluta:
 $P_a = P_o + P_h$.

Cualquier objeto sumergido en el mar está sometido a una presión absoluta igual a 1 ATA de presión atmosférica, más la presión hidrostática correspondiente a la profundidad a la que se encuentre.²

La flotabilidad es otro de los aspectos importantes en el medio acuático. Para comprenderlo debe recordarse el Principio de Arquímedes que establece: "*Todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un líquido (o fluido), sufre un empuje hacia arriba (fuerza ascendente) igual al peso del líquido que desplaza*". Si el peso del líquido desplazado es mayor que el peso del cuerpo sumergido, éste tenderá a flotar. Por el contrario, cuando el peso del líquido es menor, el cuerpo se hundirá. Cuando los dos pesos son equivalentes, entonces el cuerpo tenderá a estabilizarse en una misma profundidad, obteniendo lo que se conoce como flotabilidad neutra.

La absorción de luz en el medio acuático es otro fenómeno físico que debe considerarse en el medio acuático. Cuando un haz luminoso incide sobre cualquier superficie, parte del mismo es absorbido por ésta última. Dependiendo de la longitud de onda de la luz, ésta podrá ser absorbida en mayor o menor cantidad. En el medio acuático, conforme la luz va penetrando y descendiendo, se van absorbiendo los colores, tal como si fuera un filtro. De acuerdo a la transparencia del agua, será el grado de absorción de los colores: mientras mayor turbidez haya, mayor será la absorción. En términos generales la absorción de los colores con respecto a la profundidad del agua es la siguiente:

- 3m rojo
- 4.5 m anaranjado
- 10 m amarillo
- 20 m verde
- 25 m azul-verde
- 30 m azul-gris

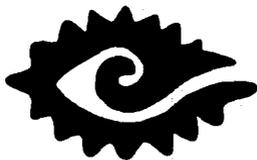
Otro fenómeno físico de comportamiento diferente en el agua (o cualquier fluido) es la acústica. Como los sonidos son vibraciones ondulatorias que se desplazan en un medio, ejercen cierta presión, llamada presión acústica que es lo que percibe el oído humano. Mientras más denso sea el medio, mayor será la velocidad de transmisión de los sonidos. En el aire los sonidos se transmiten a una velocidad de 340 m/s, mientras que en el agua lo hacen a una velocidad 4.5 veces mayor, o sea, a 1530 m/s. El oído humano está adaptado para percibir correctamente los sonidos a la velocidad en que se desplazan en el aire, relacionando la distancia que media entre ambos oídos (audición en estéreo). Cuando un sonido incide sobre uno de los tímpanos, hay un intervalo de tiempo mientras se percibe en el otro. Es precisamente este pequeño lapso el que posibilita identificar la fuente emisora y el origen del sonido. En el agua es virtualmente imposible percatarse de donde provienen los sonidos, porque la velocidad de transmisión no permite que funcione la audición en estéreo.

En cuanto a las condiciones químicas del medio acuático y particularmente del marino, son determinantes para el diseño del vehículo. Una de dichas condiciones y quizá la más importante es la salinidad del agua. Las sales disueltas en agua de mar tienen una concentración similar a la de la sangre humana. Como principales elementos químicos se encuentra el sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca), cloro (Cl), además de muchos otros compuestos minerales y gases. Estas características pueden influir en aspectos físicos como la densidad del agua, y más directamente para el propósito que aquí interesa, son altamente corrosivas para muchos metales y algunos plásticos, a los cuales atacan en un tiempo corto. La salinidad también se relaciona nuevamente con otro fenómeno físico: la conducción eléctrica. El agua de mar es un buen medio conductor de la electricidad y por ende, riesgoso cuando se maneja equipo eléctrico, pues incrementa el riesgo de choque o descarga. Las diferencias en las concentraciones de sales en el agua de mar que afectan la densidad de ésta, provocan zonas donde puede alterarse la flotabilidad del cuerpo inmerso.

NOTAS

1. N.C. Flemming and M.D. Max. Scientific diving: a general code of practice. (UNESCO, 1990), pp 137-140

2. Facultad de Ciencias, UNAM. Apuntes: física del buceo. (México, Ciencias, 1988).



El diseño

En este capítulo se describe el desarrollo del proyecto al que se llamó *Vinsub*, tomando como puntos de partida a la ergonomía, la hidrodinámica y la forma. Estas tres partes constituyen el esqueleto del *Vinsub* y hay que precisar que las propuestas y soluciones generadas en su entorno no fueron aisladas, sino que, invariablemente, cada punto hizo necesaria la confrontación entre las tres, para satisfacer las condiciones adecuadas en cada una de ellas. Después del análisis y la decisión de adoptar tal o cual solución en materia de ergonomía, por ejemplo, siempre se sometió al análisis desde el punto de vista formal e hidrodinámico; igual sucedió cuando el caso iniciaba en la hidrodinámica o en la forma. Acto seguido, si la solución era apropiada para las tres, se adoptaba como definitiva, si no, se desechaba. Este método de trabajo permitió resolver el *Vinsub* integralmente, en una respuesta armónica y equilibrada. Aparte de las tres directrices principales, se consideraron los demás elementos de diseño necesarios para dar cuerpo al proyecto. La elección de materiales y procesos fue conjunta y siempre supeditada a la ergonomía, hidrodinámica y forma. Los costos, fueron por ende, una consecuencia de seguir estos criterios. Las soluciones aportadas en el diseño del *Vinsub*, sin ser precisamente revolucionarias en su campo, sí presentan innovaciones en el uso y disposición de algunos elementos, surgidas de una nueva combinación y aprovechamiento de éstos.

3.1 Ergonomía

Para conseguir un diseño óptimo es necesario considerar de manera preponderante los aspectos ergonómicos del producto. En el caso del *Vinsub*, las condiciones especiales de funcionamiento incrementaron la importancia de éstos. Para entender el porqué de esta afirmación, basta pensar que el *Vinsub* es un vehículo que opera bajo el agua en condiciones diferentes de presión ambiental, y que sus usuarios deben portar un equipo especial para garantizar su respiración, ésto sin considerar el equipo adicional que a veces lleva cada buzo, como el traje de protección térmica o los instrumentos de trabajo. También es necesario pensar en la alteración de las funciones motoras en un medio más denso que el aire, como es el agua, que restan habilidad y destreza manual a los seres humanos y que también se relacionan

con factores psicológicos de aumento de estrés originado por temperaturas ambiente inferiores, limitaciones de tiempo bajo el agua, o realización de tareas delicadas y trabajo en un medio ajeno. También, como factor especial, se presenta alteración en la percepción de los colores.

3.1.1 Antropometría

Considerando que el buceo SCUBA puede ser practicado por cualquier persona adulta sin importar su sexo, o condiciones morfológicas, y dentro de un rango aproximado entre 18 y 65 años siempre y cuando cuente con buenas condiciones de salud, se estableció un usuario comprendido entre el 2.5 percentil de mujeres, hasta el 97.5 percentil de hombres . Así, las consideraciones de valores se hicieron para: dimensiones antropométricas, peso, fuerza, radios de acción de extremidades y articulaciones. Con ésto se asegura que las dimensiones del sitio donde viaja el buzo son adecuadas para un amplio grupo potencial de usuarios. Cabe aclarar que desgraciadamente no existen estudios antropométricos y biomecánicos profundos en México y por ello, se recurrió a los realizados por diferentes especialistas en poblaciones de otros países (Dreyfuss,1981).¹ Asimismo, se contempla que el *Vinsub* pueda ser tripulado por personas de diferentes características raciales, propias de sus países de origen, pues no hay que olvidar el carácter extra-regional que puede tener la investigación y el uso de equipo en diversas partes del mundo.

Las dimensiones antropométricas más importantes para este trabajo son las correspondientes a las extremidades superiores e inferiores del cuerpo humano, la estatura y la anchura máxima. En los esquemas anexos se observan las dimensiones utilizadas como parámetros de diseño y se indica cual fue el criterio que normó la elección de un valor percentilar en específico para determinar las dimensiones y forma del soporte.

La conformación ósea de cada sexo y sus diferencias con el contrario, se consideraron al máximo. Entre estas diferencias se tiene que el tronco masculino muestra un tórax más ancho y largo con clavículas más largas y una mayor escápula. El cuello del hombre resulta más corto debido a la posición más elevada del manubrio en relación a la vértebra prominente. La pelvis femenina es más ancha y espaciosa. El sacro está mucho más cerca de la horizontal y el ángulo sacrolumbar es mucho más pequeño. El área del ilión es menor, pero el arco púbico está situado más abajo y es más ancho. Los huesos de las piernas y pies del hombre son más largos que los de la mujer. El 85% de las mujeres puede extender la articulación del codo sobrepasando los 180° y tienen un húmero proporcionalmente más largo en relación con el radio y el cúbito²

3.1.2 Aspectos fisiológicos y condiciones de trabajo para el buzo

Para los dos casos expuestos en la sección anterior, existen condiciones particulares en el medio ambiente y en el propio usuario. En el primer caso, el hecho se presenta en las características físicas y químicas del medio. En el medio acuático, el ser humano es casi inútil pues no cuenta con mecanismos de adaptación que le permitan operar con autonomía; sus acciones realizadas son torpes y limitadas. Esto se origina principalmente por la mayor densidad del agua con respecto al aire. El hecho de ser un mamífero con respiración aeróbica, le impide permanecer por mucho tiempo bajo el agua, y por ello debe auxiliarse de dispositivos de suministro de aire que le permitan respirar mientras se encuentra bajo la superficie. La vista en el agua es otro sentido afectado. El olfato es imposible de usar y los mecanismos bucales para comunicarse sólo pueden usarse de manera primaria. El oído, que es el sentido mejor adaptado al medio acuático, también está afectado por otra condición, que es la presión del medio. A medida que se desciende, la presión absoluta aumenta y ésta afecta a todas las cavidades aéreas del organismo. Principalmente a los pulmones, los senos paranasales y el oído. En adición, también se presentan alteraciones en los procesos fisiológicos del organismo, sobre todo en la composición de la sangre, en la cual aumenta la presión parcial de nitrógeno que puede causar problemas diversos como la narcosis nitrogénica o aeroembolias durante el ascenso, por mencionar algunos.³ Todas estas situaciones generan en el buzo el segundo caso: condiciones especiales de ansiedad y estrés, que pueden afectar su desenvolvimiento en el agua y pueden poner en riesgo su vida. Por otro lado, cuando se trata de buzos científicos, existe un factor de seguridad muy alto, pues todos ellos cuentan con adecuada capacitación y experiencia para controlar los factores adversos en cada inmersión. En cuanto a los requisitos para poder ejercer actividades de buceo científico, la Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas (CMAS), condiciona a los investigadores a poseer grado mínimo de buceador "Tres estrellas" y a efectuar las tareas bajo la supervisión de un buzo científico con experiencia. Además de esta condición, cada institución cuenta con su propia reglamentación respecto a las características y requisitos que debe cumplir un buzo científico.⁴

Una afectación muy común al bucear es la pérdida de destreza manual. Esta se deriva de la profundidad, la presión, la densidad del agua y la baja temperatura que se presentan en el mar o en cualquier otro cuerpo de agua. Como consecuencia, es difícil operar controles con precisión. La manipulación con los dedos de objetos pequeños como perillas, botones o seguros es muy difícil. Esta situación debe evitarse pues puede causar un estado de tensión en el buzo al no poder realizar la tarea rápida y fácilmente. El inconveniente de

la ansiedad desde el punto de vista fisiológico es que incrementa el consumo de aire por unidad de tiempo, reduciendo el tiempo de permanencia bajo el agua, que no puede ser muy largo.⁵

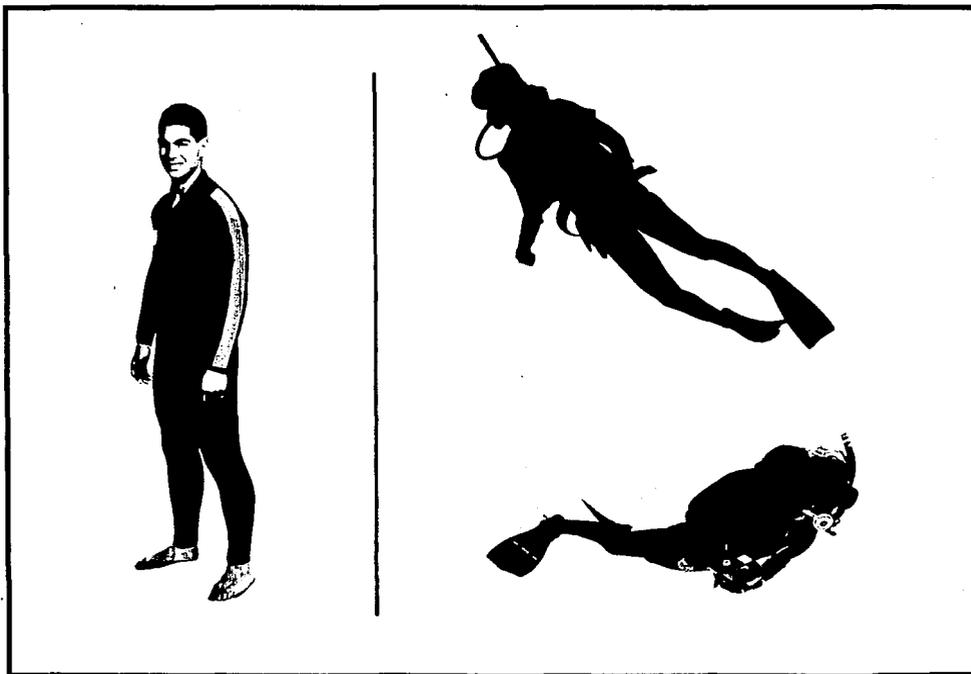
En relación a la percepción visual, aun con el uso del visor, el buzo se encuentra en situación desfavorable. Las paredes del visor disminuyen en forma considerable el campo visual; de los aproximadamente 180° que normalmente se tienen, éste se reduce a unos 82°.

Ante tal cambio, la atención del buzo debe extremarse para poder captar cualquier eventualidad que se presente. Así, nuevamente se tiene otra causa de estrés. Existen además de lo aquí enumerado, otra serie de condiciones fisiológicas distintas a las del medio terrestre, pero que no tienen una participación tan directa como las mencionadas.

3.1.3 Aspectos relacionados con el uso de equipo SCUBA.

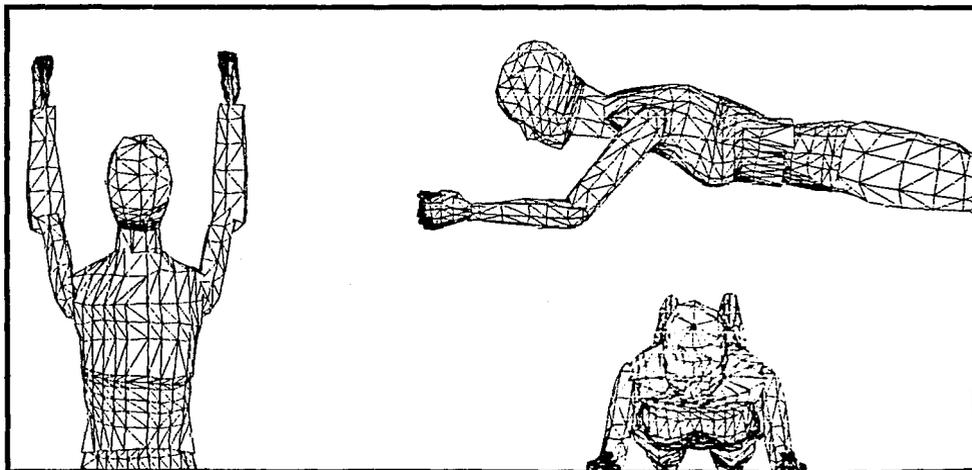
Aun cuando es una condición generalizada que un buzo experimentado, como debe ser cualquier buzo científico, está perfectamente familiarizado y adaptado con el uso de equipo SCUBA, ésto no significa que no pueda causarle problemas. Independientemente de los problemas que eventualmente pudieran surgir durante la inmersión como fallas en el regulador, en el tanque o en el chaleco, o bien, fallas en los medidores de presión o profundidad, para diseñar cualquier objeto que manipule un buzo, debe considerarse la relación de éste con los elementos SCUBA. En el caso de un vehículo, se debe considerar con mayor atención, pues todo este equipo representa modificaciones en las dimensiones del cuerpo humano, por estar integrado al cuerpo del buceador, casi como si se tratara de órganos vitales externos que van confinados en el mismo espacio que ocupe el buzo. Específicamente se presenta un aumento en las dimensiones del tórax, los pies y la cabeza. En el caso del tórax, el tanque que se apoya en la espalda modifica la morfología aparente del buzo y le agrega volumen tanto por el tanque como por el chaleco o arnés utilizado para sujetarlo. En los pies, las aletas crean una extensión de la longitud que puede dificultar el movimiento. Para la cabeza las modificaciones surgen con el uso del visor y el regulador, que representan dos prominencias en la cara del buzo. Un elemento no siempre presente pero factible de usarse es el traje de protección térmica, mejor conocido como traje de neopreno. El espesor de la capa de neopreno del traje puede ser desde 1/8" hasta 3/8". Esto lógicamente afecta los movimientos de flexión de las articulaciones, reduciendo su radio de giro hasta en dos terceras partes de lo normal. Las principales articulaciones afectadas son los codos y las rodillas,

por lo que deben evitarse las posturas que se acerquen a los valores máximos de flexión para estas articulaciones.



3.1.4 Elementos ergonómicos considerados en el Vinsub

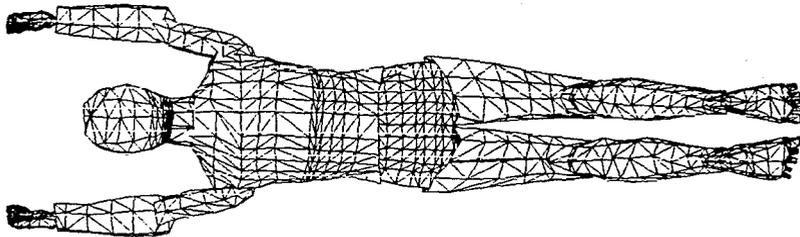
La relación entre el vehículo y el usuario, en este caso un buzo SCUBA, se da en dos aspectos, ambos generados de la función del objeto y subordinados en cierto grado a ésta. El primero de ellos contempla la tarea de conducción del vehículo al navegar e involucra en la acción sólo a una persona. El segundo incluye las tareas de guardado y portado de material y muestras de trabajo y se da en un plano colectivo, donde interactúan varios buzos. De los dos aspectos mencionados, el primero exige mayor cantidad de adecuaciones ergonómicas que permitan al buzo conductor, un accionar seguro y en condiciones adecuadas de comodidad. Para lograrlo, se partió de diseñar un puesto de trabajo, o cabina, desde donde el buzo controla y dirige los instrumentos de mando del vehículo. Este sitio también incluye un espacio que contenga el cuerpo del buzo y le permita desenvolverse con facilidad y seguridad. La función de guardado donde pueden intervenir varios buzos, se limita al acceso a las cajuelas donde se contienen los objetos de trabajo.



CONDUCCION

Distancia rodillas-hombros
Percentil considerado: **2.5 m**

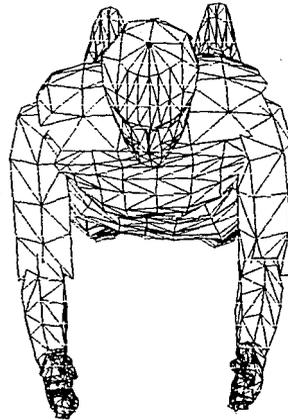
Esta medida define la longitud parcial del soporte que contiene el cuerpo del buzo. Se considera el 2.5 m para posibilitar el alcance a las personas de menor estatura.



CONDUCCION

Anchura frontal de tórax
Percentil considerado: **2.5 m**

Esta dimensión se empleó para definir la anchura del soporte en la parte extrema, donde se apoya el pecho, nuevamente en base al 2.5 m, que es el valor crítico.

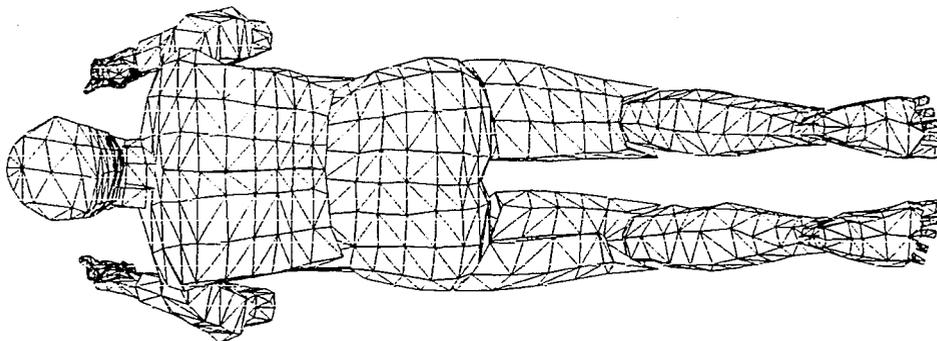


CONDUCCION

Anchura cadera

Percentil considerado: **97.5 m**

La definición de la anchura máxima del soporte del buzo se estableció en base al 97.5 m que presenta la dimensión máxima dentro de los límites establecidos.

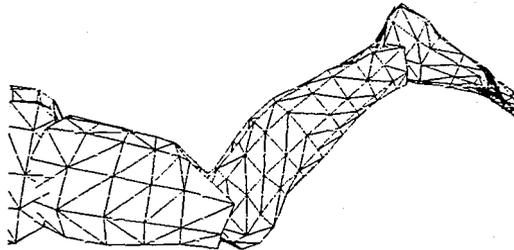


CONDUCCION

Articulación de rodilla (ángulo de flexión)

Percentil considerado: **97.5 h**

Este ángulo determinó la inclinación en la parte posterior del soporte del buzo. Se eligió el 97.5 h pues los hombres presentan un rango menor de ángulos de flexión que las mujeres. Por tal razón se fijó un ángulo medio que permita tener la posición sin causar fatiga.

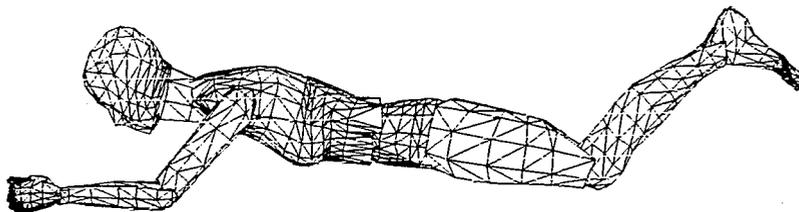


CONDUCCION

Alcance funcional

Percentil considerado: **2.5 m**

Esta dimensión se utiliza para definir las distancias entre el timón y tablero, al soporte del buzo, posibilitando el alcance y acceso fácil a éstos. Se eligió el 2.5 m por ser el valor mínimo.

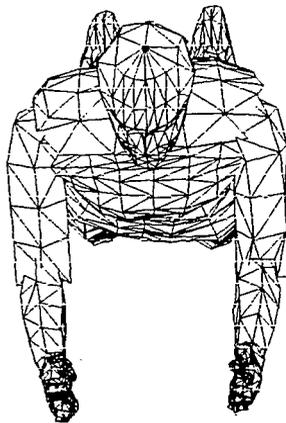


CONDUCCION

Distancia para volantes (distancia entre articulaciones de hombros)

Peírcntil considerado: **2.5 m**

Esta dimensión se empleó para fijar la distancia adecuada entre las 2 empuñaduras del timón de proa, ángulo de curvatura, así como sus límites de giro. Se requiere el valor mínimo correspondiente al 2.5 m.

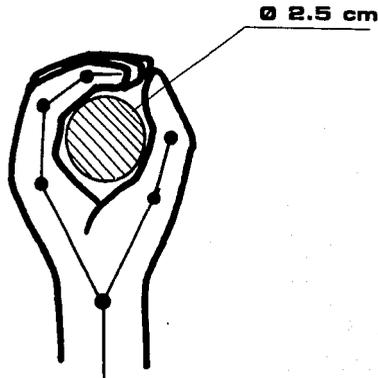


CONDUCCION

Diámetro del agarre de puño

Percentil considerado: **2.5 m y 97.5 h**

Esta dimensión es crítica para definir las características dimensionales y formales del timón de proa y el control de estabilizadores.

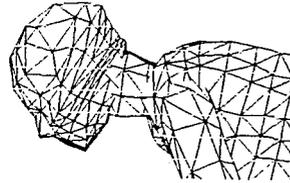


CONDUCCION

Cuello (ángulo de flexión)

Percentil considerado: **2.5 m**

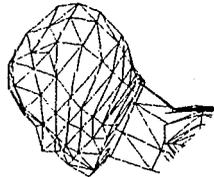
Este valor crítico para el campo visual del buzo, se combina con el ángulo de inclinación del soporte, para evitar fatiga y limitar la cercanía entre la nuca y la válvula del tanque SCUBA.



Amplitud del campo visual

Percentil considerado: **2.5 m y 97.5 h**

Esta dimensión angular que se combina con la anterior, se observó para definir las dimensiones y forma de la cubierta frontal transparente, que permite una amplia zona de visibilidad.

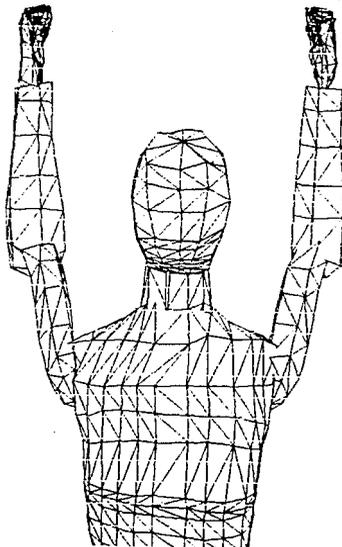


ALMACENAJE

Rotación del hombro

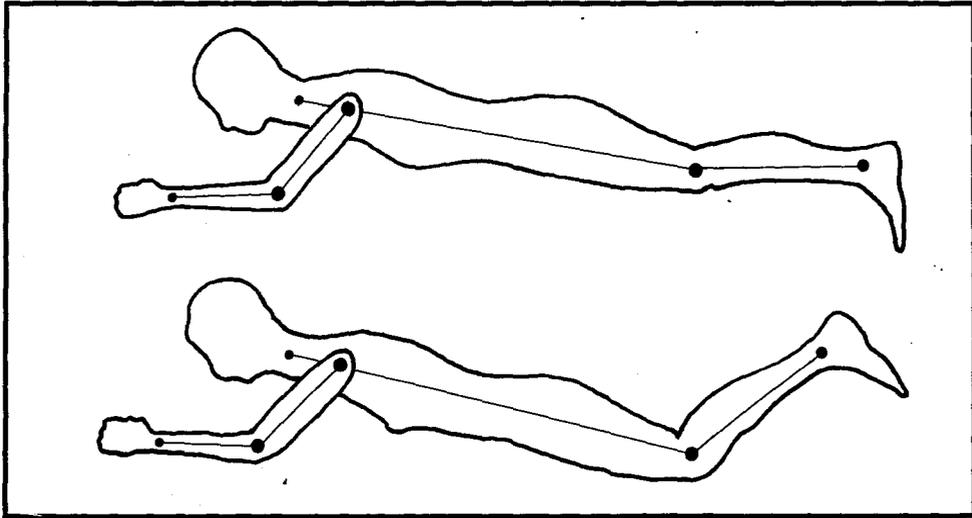
Percentil considerado: **2.5 m**

Este valor sirve para definir los radios de giro de las tapas abatibles en la zona de almacenaje. Se consideró como valor crítico el 2.5 m.



3.1.5 Postura de uso en el Vinsub

Como se mencionó, para el buzo se diseñó un espacio donde pudiera introducirse y desde ahí guiar el vehículo y controlar visual y táctilmente los instrumentos. Primero se eligió la postura de uso a partir de un análisis relacionado con las situaciones de mayor comodidad e incomodidad para el buzo. Este análisis incluyó la simulación de las posturas propuestas por una persona con equipo SCUBA y traje de neopreno. En cada simulación se observaron los ángulos de flexión y se eliminaron aquellas que representaban un mayor esfuerzo para el buzo. Finalmente, sólo quedaron como opciones viables 2 posturas: la pronal y la pronal modificada.



Las características positivas que otorgaron a estas posturas su permanencia sobre las demás fueron:

- 1. Ambas posturas son las comunmente adoptadas por el buzo al desplazarse bajo el agua.
- 2. No causan alteraciones en el funcionamiento del equipo SCUBA.
- 3. Permiten mantener un control pleno sobre el vehículo, con absoluta seguridad.
- 4. Permiten al buzo abandonar el vehículo rápidamente en caso de un imprevisto.
- 5. Los ángulos de flexión generados en las articulaciones, no van más allá del 50% del valor máximo normal.
- 6. Se evita que el buzo deba adaptarse a nuevas posturas.
- 7. Ofrecen la menor altura posible y ésto beneficia en las condiciones de hidrodinámica.
- 8. Presentan las mejores condiciones de comodidad para el buzo.

Al tener este par de posturas como posibles, se eligió la mejor de ellas. Una comparación entre ambas hizo eliminar la postura pronal y conservar la pronal modificada. La ventaja de ésta última estriba en que requiere de menor longitud y es adecuada para manejar los percentiles 2.5 M y 97.5 H además de que permite mayores puntos de apoyo para el caso de abandono del vehículo, con relativa facilidad. Otro punto de ventaja que determinó la elección de esta postura es que las aletas del buzo constituyen un elemento que no permite apoyar el pie completamente sobre una superficie plana y además fuerzan la articulación del tobillo pues constituyen un punto de palanca. Por esta razón se consideró dejar libres los pies y fuera de cualquier confinamiento, para con ello evitar la presencia de calambres en las articulaciones de los tobillos.

También es importante acotar que se contempló la relación de la postura adoptada con los movimientos ventilatorios de la caja torácica al respirar. Con la postura pronal modificada no hay problemas de compresión en el pecho pues, al respirar bajo el agua en el momento de inhalar, se tiene un mayor volumen de aire en los pulmones, que los hace actuar como flotadores y por lo tanto, con esta condición, todo el cuerpo experimenta un empuje ascendente que levanta el pecho y hace que se pierda el contacto directo con cualquier superficie sobre la que se encontrara apoyado. Por el contrario, al exhalar, el cuerpo desciende nuevamente al perder aire los pulmones. Este movimiento ascendente-descendente con respecto al eje

horizontal del cuerpo en posición pronal, es no mayor a 5 cm de desplazamiento y se presenta siempre que se utiliza equipo SCUBA.

3.1.6 Características ergonómicas del espacio para el buzo en el Vinsub

Al definir la postura de uso, se diseñó el espacio de manera que facilitara al máximo la conducción del vehículo. Este espacio se dividió en dos zonas. La primera es donde se contiene al cuerpo del buzo y se denominó soporte del buzo. La segunda agrupa a los elementos de navegación e instrumentos y se llamó tablero. El eje del soporte presenta una elevación con respecto a la horizontal de 10° y en su interior hay un cambio de plano con ángulo de 120° que corresponde a la articulación de las rodillas, para permitir que las aletas del buzo queden por fuera del soporte y permitan la rápida maniobrabilidad. El soporte es una sección cilíndrica de 50 cm de diámetro que se interrumpe en la parte superior, para permitir el libre movimiento de los brazos. Hacia la proa del vehículo, en la parte frontal, se ubicó el tablero de mando. De esta manera, el buzo tiene delante de sí, los instrumentos y controles de conducción como son el timón y la palanca para la inclinación de los estabilizadores laterales. En una consola que intersecta al tablero en su parte baja y por la mitad, se ubican los interruptores del sistema de propulsión y las válvulas del sistema de flotación, todas al alcance del buzo. El timón, que es el elemento con el que el buzo siempre tendrá contacto mientras navegue, mide 38.5 cm de diámetro y en su sección 2.5 cm. Su inclinación en el plano lateral con respecto a la horizontal es de 46° ; de esta forma logra una posición acorde con la inclinación que tiene el cuerpo del buzo en el plano medial. En cuanto al tablero, su diseño permite el contacto visual completo con todos los instrumentos. La inclinación para éste es de 57° .

Para guiar el vehículo, el buzo sólo tiene que girar el timón que genera los movimientos de izquierda-derecha por medio de un control rotatorio y eventualmente, inclinar los estabilizadores laterales para ascender o descender, jalando o empujando un bastón que tiene un eje de giro. Ambas funciones implican el uso de fuerza. Esta fuerza, aplicada directamente por el tejido muscular, se calcula esté comprendida dentro de los rangos señalados por Damon, Stoudt y Mc Farland⁶ en su sección de biomecánica aplicada al diseño.

Estos valores son :

Jalar

- 2.5 M 185 libras
- 97.5 H 335 libras

Empujar

- 2.5 M 118 libras
- 97.5 H 261 libras

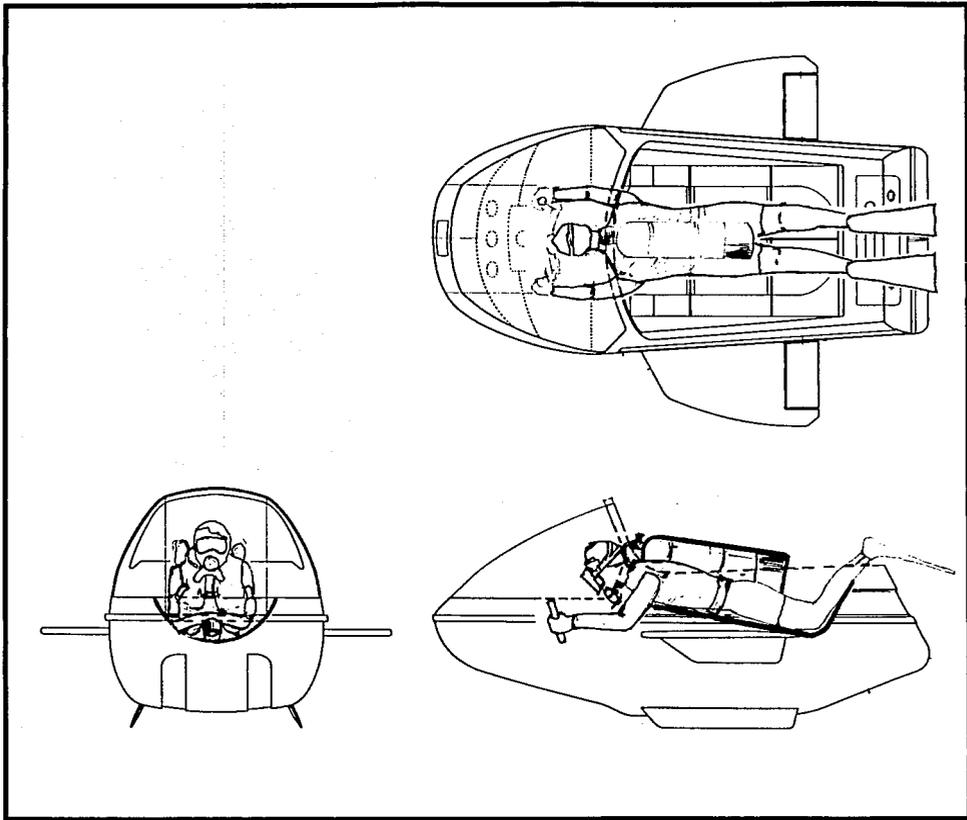
Rotación a la derecha

- 2.5 M 242 libras
- 97.5 H 387 libras

Rotación a la izquierda

- 2.5 M 203 libras
- 97.5 H 362 libras

Los datos están dados de acuerdo a la distancia que hay entre el mango del objeto y el hombro del buzo. Los dos primeros corresponden a la palanca de control de estabilizadores. Los dos últimos al timón de proa.



3.2 Hidrodinámica

Para el diseño de un vehículo que se mueve dentro del agua es fundamental observar los principios y leyes de la dinámica de fluidos y específicamente de la hidrodinámica. Con ésto se optimiza el funcionamiento del vehículo en el avance, a través de la forma exterior. Por esta razón al iniciar el diseño de la carcasa del *Vinsub*, se hizo una investigación exhaustiva sobre las condiciones necesarias más adecuadas. Tales condiciones involucran conceptos como viscosidad, densidad del agua, velocidad de avance, formación de turbulencias y vórtices, conducción de flujo, flujo laminar, flujo turbulento y otros. Cabe aclarar que antes de llegar a la forma actual del *Vinsub* hubo dos propuestas previas que se analizaron y modificaron de acuerdo a las condiciones hidrodinámicas y a los resultados obtenidos en las simulaciones efectuadas en el Túnel de Viento del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

3.2.1 Condiciones preliminares

Siempre que existe movimiento relativo entre un cuerpo sólido y un fluido en el cual se encuentra sumergido, el cuerpo experimenta una fuerza debido a la acción del fluido. En general, la fuerza que actúa sobre un elemento de área en la superficie del cuerpo, no resulta normal ni paralela al elemento. Si el cuerpo se mueve a través de un fluido viscoso, entonces actúan sobre él tanto fuerzas cortantes, como la presión. La fuerza resultante se puede descomponer en una componente paralela a la dirección del movimiento, llamada fuerza de arrastre y en una componente perpendicular llamada fuerza de sustentación. Las dos fuerzas anteriores son responsables de la cantidad de trabajo necesario para poner o mantener en movimiento a un cuerpo. En el caso del *Vinsub*, se procuró conseguir los valores más bajos posibles para tales fuerzas, pues ello se tradujo en economía en el gasto de energía para el sistema propulsor.

Otra serie de conceptos fundamentales en un sistema hidrodinámico está relacionada con el flujo formado en la superficie del cuerpo. A la zona de transición entre la frontera sólida y el fluido se le llama capa límite; en cuanto a la región donde esta capa límite desaparece para mezclarse al fluido adyacente, se le llama punto de separación. Para el tipo de flujo que se forma en el avance de un cuerpo en un fluido, se presentan dos casos en los fluidos viscosos, de los cuales el agua dulce y el agua salada forman parte. Estos dos son el flujo laminar y el turbulento. En un régimen laminar, la estructura del flujo se caracteriza por el movimiento de capas o láminas. La estructura del flujo turbulento, por el contrario, se caracteriza por los

movimientos tridimensionales y aleatorios de las partículas de fluido, superpuestos al movimiento promedio.⁷ Los conceptos de flujo remiten a un valor adimensional: el número de Reynolds, que establece la característica que puede presentar un régimen de flujo; ya sea turbulento, o bien, laminar. Otros parámetros que se relacionan directamente con la hidrodinámica son densidad del fluido (agua), viscosidad, velocidad de transporte, peso, características físicas de la superficie del cuerpo, etc.

3.2.2 Requerimientos de forma

Para diseñar la carcasa exterior del *Vinsub*, además de considerar los factores propios de la función y de las condiciones ergonómicas, se dio especial atención a la generación de formas que cumplieran lo más adecuadamente posible, con las características hidrodinámicas ideales. Para ello se tomaron como referencia, los perfiles con mejores rendimientos de hidrodinámica. La mayoría son fusiformes y con claras influencias de organismos vivos como peces y cetáceos. La razón para esta geometría particular, reconocida universalmente como la forma hidrodinámica por excelencia estriba en que el alargamiento de la forma, que tiene una zona de máxima anchura y conforme avanza se va estrechando, permite alejar del cuerpo el punto donde se efectúa la separación de la capa límite. Con ésto el gradiente de presión adverso que se genera disminuye puesto que se distribuye sobre una mayor distancia. De esta forma se logra retrasar el punto de separación de la capa límite, y por lo tanto, se reduce la fuerza de arrastre.

Vale aclarar que hasta este momento las teorías más avanzadas no permiten predecir la localización del punto de separación en la mayoría de los casos, por lo tanto no hay manera de diseñar formas hidrodinámicas ideales, a través de métodos puramente analíticos. Se debe recurrir a los datos experimentales o a pruebas en los túneles de viento o de agua.⁸

3.2.3 Desarrollo de la carcasa

Una vez considerados todos los factores expuestos, se diseñó una carcasa con forma fusiforme tanto en la vista superior como en la vista lateral, ésto para reducir la anchura en los dos ejes. Las dimensiones de anchura máxima son en el plano horizontal de 106 cm y en el plano vertical: 98.5 cm. Las dimensiones mínimas son en el mismo orden de 88 cm y 50 cm respectivamente. Como elementos de conducción de flujo se integraron canales laterales a lo largo de la carcasa. Estos elementos se repitieron en la superficie anterior

del *Vinsub*; en este caso, además de conducir el flujo, lo hacen recorrer en menor tiempo esta superficie con respecto a los costados y planos superiores. Con ello se aumenta la sustentación del vehículo por los gradientes en la distribución de presiones que es menor en la parte superior.

Como directriz general se diseñaron los volúmenes con superficies de dobles curvatura y continuas desde la proa hasta la popa del vehículo. Tal criterio se adoptó para eliminar aristas y cantos vivos que pueden causar remolinos y vórtices en sus puntos de separación de la capa límite. La continuidad de las superficies y la ausencia de recovecos y cambios bruscos de planos facilitan el avance del vehículo a través del agua. Para reforzar esta acción, la "nariz" del *Vinsub*, en la proa, es casi un filo que hiende en el fluido y se va ensanchando para después angostar sus dimensiones nuevamente.

Junto con la conducción del flujo generado durante el avance, que pasa sobre la superficie del vehículo, también hay que considerar la acción de las presiones normales a cada punto de la superficie, que ejerce el agua sobre toda la carcasa. Esta condición puede causar inestabilidad en el avance ya sea con rotaciones sobre el eje longitudinal o transversal, o bien, semigiros con eje en la popa o en la proa, conocidos como guiñadas o cabeceos. Para eliminar estas eventualidades, se diseñó un sistema con dos estabilizadores laterales a manera de aletas. Ambos estabilizadores cuentan con un plano perpendicular sobre la cara inferior que tiene la función de quilla, con lo que se evita la rotación sobre el eje longitudinal. La eficacia radica en que este plano actúa abriendo un "riel" que guía el desplazamiento horizontal del *Vinsub*, conforme avanza en el agua. Para reforzar esta función, se integraron dos planos más en la superficie anterior del vehículo, a los costados de los canales de conducción de flujo. Este conjunto dota de máxima estabilidad al vehículo.

3.2.4 Cálculos previos a la prueba.

Para comprobar el correcto diseño de la carcasa exterior, se realizó un modelo de simulación a escala para efectuar pruebas en un túnel de viento. Puede pensarse que lo adecuado sería realizar las pruebas en un medio acuático, para así reproducir con la máxima fidelidad las condiciones reales de trabajo para el *Vinsub*. Esto sería ideal; desafortunadamente no se tuvo acceso a un túnel hidráulico. En cambio, fue posible hacer uso del túnel de viento del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Prácticamente es válido hacer pruebas con aire o agua indistintamente, pues ambos son fluidos. La condición es establecer parámetros de conversión de valores y transpolación de datos para adecuar los resultados al fluido de interés.

Antes de efectuar cualquier prueba es necesario obtener ciertos valores de trabajo que permiten evaluar las condiciones del objeto de prueba para saber si se encuentra dentro de los rangos adecuados. Para el caso del *Vinsub*, fue necesario calcular el número de Reynolds (Re), que como se había mencionado, es un parámetro adimensional que expresa el cociente de las fuerzas inerciales entre las fuerzas viscosas de las moléculas del fluido, todo esto a través de la densidad del fluido, la velocidad promedio, el diámetro envolvente de la sección del objeto y la viscosidad del fluido. Con esta información puede inferirse la condición del flujo alrededor del cuerpo y el efecto relativo de la viscosidad del fluido, así como saber si el flujo que se presente en el avance será turbulento o laminar. Para velocidades bajas se tiene casi siempre flujo laminar. Para altas velocidades el flujo es casi siempre turbulento. En el *Vinsub*, la velocidad pretendida es baja: 2 nudos⁹ o 3.708 km/h. La transición de régimen laminar a turbulento sucede al tener un valor para el número de Reynolds crítico. Este valor crítico puede decrecer por los efectos originados en las imperfecciones de la superficie o las zonas donde se incrementa la presión. Esto da como resultado la pérdida de una cantidad importante de energía cinética a partir del punto de separación en la capa límite y la aparición de zonas de alta presión o de resistencia al avance.¹⁰

El número de Reynolds se calcula con la siguiente fórmula:

$$Re = \frac{\rho V l}{\mu} = \frac{V l}{\nu}$$

donde:

ρ = densidad del fluido

V = velocidad del flujo

l = dimensión de la sección del cuerpo

μ = coeficiente de viscosidad

$\nu = \frac{\mu}{\rho}$ = coeficiente de viscosidad cinemática

El Re obtenido para el *Vinsub* es: 1.089×10^5

Para efectuar el cálculo se consideró como fluido agua de mar a 0° C de temperatura; los valores utilizados fueron:

$$V = 102.77 \text{ cm/s}$$

$$l = 106 \text{ cm}$$

$$\nu = 0.01 \text{ cm}^2/\text{seg}$$

Los valores adecuados para Re en un cuerpo inmerso en un fluido están entre 10^3 y 10^6 .¹¹ Con este primer cálculo se comprobó que el diseño consigue adecuadamente la presencia de flujo laminar en la capa límite.

3.2.5 Simulación y pruebas en el túnel de viento

Al conocer que el valor de Re para el *Vinsub* es adecuado, se procedió a efectuar la prueba de modelo en el túnel de viento. Se trabajó con un modelo a escala 1:5. La prueba consistió básicamente en registrar las presiones ejercidas por el fluido sobre toda la superficie del vehículo. Para conseguir ésto, el túnel emplea un sistema de registro por medio de tubos de Venturi adosados en un tablero vertical. Dichos tubos contienen un fluido líquido y cada uno está unido a una manguera que encuentra su parte final en un punto de la superficie del cuerpo. Por la parte interna, este punto-orificio se conecta mediante un tubo a su manguera respectiva. A cada orificio se asigna un número que corresponde a un tubo del tablero. Después, para registrar las presiones, se cierra el túnel y se enciende un generador de aire. El túnel es un circuito cerrado cuya corriente de aire puede alcanzar los 150 km/h de velocidad. Para controlar el correcto funcionamiento en la medición, hay un tubo Pitot que tiene presión 0 y es el punto de referencia del sistema. Así, la presión que ejerce el aire sobre cada punto se transmite por medio de la manguera a cada tubo conectado y, dependiendo de cada caso, la columna de líquido contenido en el tubo, sube o baja. Cuando desciende existe una succión, mientras que al ascender sobre el nivel 0 existe una presión positiva.

Para el *Vinsub* se colocaron 43 puntos de medición distribuidos en toda la superficie. 24 terminales correspondieron a la mitad inferior y 19 para la mitad superior. Se realizaron 4 series con 10 lecturas cada una de todos los puntos. Al encontrarse constancia en los valores registrados durante el total de lecturas, se reunieron los datos registrados para hacer los cálculos de los coeficientes de variación entre las dos mitades. Los resultados obtenidos fueron:

Mitad superior = 0.4123

Mitad inferior = 0.6218

Se encontró que esta diferencia significaba un desequilibrio generado por una mayor presión en la parte superior, que ponía en peligro la estabilidad del vehículo, posibilitando su rotación sobre el eje transversal. Por ello se hizo necesario modificar la parte inferior del casco.

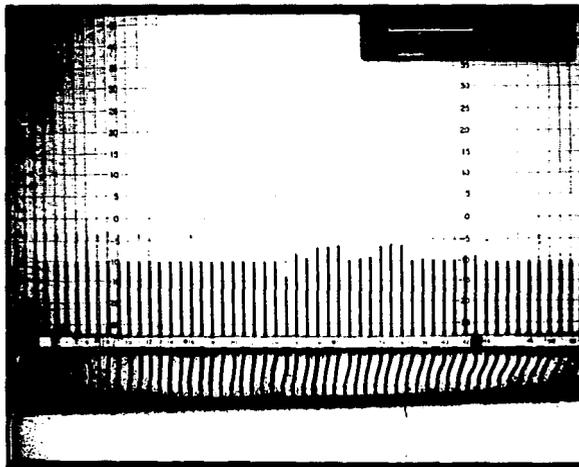
3.2.6 Modificaciones y correcciones a la carcasa

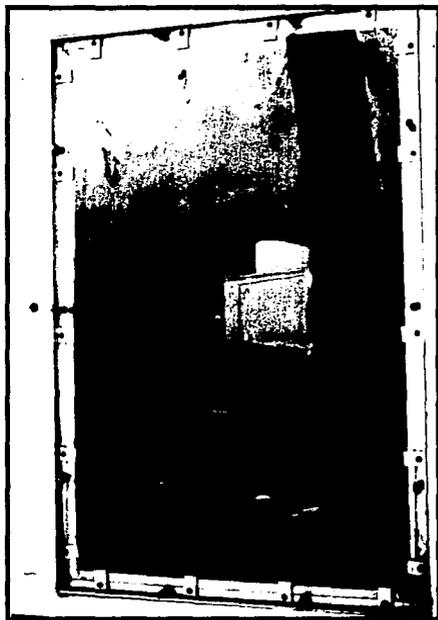
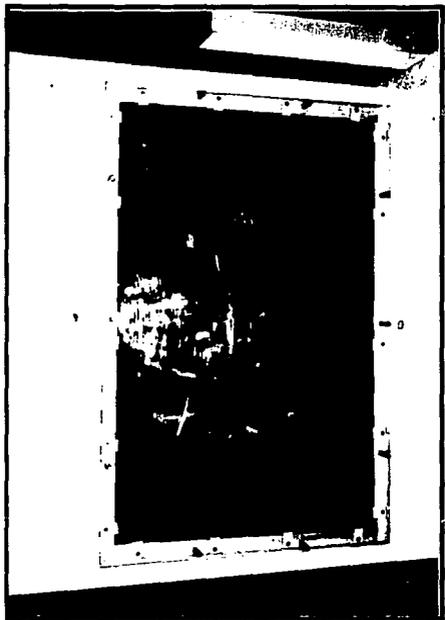
Al observar el problema se ubicó la zona de alta presión y su causa. Esto se debía a que el flujo que corría de adelante hacia atrás en la parte inferior, regresaba a la parte superior rodeando la popa y originaba una sobrepresión en la parte frontal del vehículo. Con ésto, el *Vinsub* presentaba una tendencia a girar como si fuera empujado por una fuerza normal a la superficie frontal superior.

Para corregir esta falla, se modificó la superficie inferior del *Vinsub*. Esta modificación consistió en agregar una abertura al casco cerca de la popa, para romper la continuidad del flujo inferior. De esta manera se logró dirigir parte de este flujo directamente a la propela del vehículo, aprovechándolo para incrementar la fuerza de ésta en el avance; con esta solución se consigue crear un efecto similar al de las turbinas. En cuanto a la estabilidad en el eje longitudinal, no se detectaron fallas, y se verificó la eficacia de los estabilizadores laterales con sus planos perpendiculares.

3.2.7 Conclusiones de la prueba

Satisfactoriamente, la experiencia de la prueba en el túnel de viento permitió detectar problemas, respecto a la operación y funcionamiento del *Vinsub* al desplazarse dentro del agua, que de otra manera hubiera sido muy difícil identificar. Con ello pudieron hacerse las modificaciones respectivas en el modelo, para mejorar el comportamiento del vehículo, sin necesidad de construir un prototipo a escala natural, lo cual hubiera resultado prácticamente imposible de realizar, debido al alto costo económico y de tiempo que éste hubiera representado y al posible desperdicio de recursos, en el caso de la primera propuesta probada. Por otra parte, significó la posibilidad de trabajar con un sistema muy adecuado para las fases iniciales en el desarrollo de cualquier producto industrial, como lo es el uso de modelos y simuladores, que dotan al diseñador de más elementos de juicio respecto a la generación adecuada de soluciones a los problemas planteados.





3.3 Forma

3.3.1 La intención de la forma

El desarrollo formal y estético del *Vinsub* se abordó desde varios puntos. Uno de ellos muy importante es el enfoque semiótico. Por un lado, las condicionantes hidrodinámicas adecuadas están restringidas a un tipo de geometría muy claro. Por el otro, estas formas se generan de la observación de organismos naturales. Este último aspecto, de competencia total para la biónica, fue aprovechado pues el propósito formal del vehículo pretende que éste se integre a su entorno, en este caso el medio acuático, como si hubiera sido gestado en él. Se busca que la forma del *Vinsub* evoque armónicamente la belleza del paisaje marino y emule la perfecta adaptación al medio que tienen los cuerpos de los organismos marinos sin menoscabo de su belleza y equilibrio formal. Ejemplos de este tipo se encuentran en los erizos, caracoles y otros pequeños organismos; en la inmensa variedad de peces o en la morfología de organismos mayores como los cetáceos o los escualos. Todos estos miembros del paisaje marino, con sus formas y colores, constituyen una rica fuente de inspiración que se aprovechó en el diseño del *Vinsub*. Finalmente, éste constituye un reto más a resolver y es aquí donde el diseñador industrial puede dar una alternativa diferente, influenciado en gran medida, por la posibilidad creativa en el plano estético, logrando el equilibrio con las necesidades funcionales de un objeto. Al respecto Gillo Dorflès dice:

*"No cualquier producto debido a la máquina -ya se entiende- es de suyo artístico; por lo cual, deberán considerarse como pertenecientes al sector del diseño industrial sólo aquellos que hayan sido ideados con tal intención ya desde la fase del proyecto; mientras que, por otro lado, habrá numerosos casos de objetos y de elementos producidos industrialmente que estarán provistos de cualidades expresivas y estéticas sin que tales cualidades fuesen ni por asomo previstas en el momento de su proyectación."*¹²

Si se piensa prácticamente, este proyecto podría haberse desarrollado sólo desde los aspectos funcionales e hidrodinámicos y hubiera satisfecho las necesidades de trabajo para los buzos. Evidentemente la forma se habría supeditado a las funciones y probablemente se tendría un vehículo desagradable a la vista del usuario. Ejemplos de éstos hay muchos en donde los vehículos diseñados, por lo general submarinos cerrados, no ofrecen ninguna posibilidad de apreciación o goce estéticos. En el caso del *Vinsub*, esta condición es muy importante y constituye una parte medular del proceso de diseño. Uno de los objetivos es

que el vehículo transmita a quien lo vea, su condición de "organismo" marino, subacuático, y lo aprecie como un objeto que sólo puede usarse bajo el agua, que pertenece a un mundo distinto al nuestro, pues el mar es otro universo; además de causarle una agradable impresión estética al mirarlo e incluso, al utilizarlo.

3.3.2 Los significantes en el Vinsub

Este aspecto, controvertido en muchas ocasiones, en el *Vinsub* se presenta muy claro. Es probable que alguien piense que la forma exterior del *Vinsub* obedece a factores de "styling". Esto es falso. Como ya se mencionó, las características hidrodinámicas del vehículo determinaron de algún modo la apariencia de éste. El trabajo de diseño formal consistió en ordenar éstos volúmenes de manera armónica e integral. También se tomaron algunas características morfológicas sobre todo de los cetáceos y escualos, para con ello acentuar el carácter de un vehículo identificable con el medio subacuático. Como ejemplo se tienen los estabilizadores laterales que recuerdan las aletas de un delfín o de una orca. La parte frontal del vehículo semeja el morro de un tiburón blanco y la envolvente general claramente remite a un delfín o ballena. La vista superior es similar a una manta raya, con sus aletas de gran envergadura. La ausencia en la carcasa del vehículo de elementos accesorios que no sean aletas, es una característica observada en el cuerpo de casi todos los peces. Todos estos elementos formales, ubican claramente la función del vehículo. Al mostrar un modelo del *Vinsub* a diferentes personas, la mayoría lo ubicaron como un submarino y sólo algunos dijeron que se trataba de una lancha. En este último caso, de cualquier manera se trata de un vehículo marino, aún cuando sea una embarcación de superficie. Por este medio, a manera de encuesta informal y sin pretensiones más allá del momento, se constató que el vehículo transmite de manera clara su función, lo cual permite pensar que las soluciones formales, sin considerar en este momento los resultados estéticos, son claras y adecuadas con el carácter del vehículo y su función.

3.3.3 La estética del Vinsub

La respuesta práctica a los planteamientos estéticos y formales postulados para el *Vinsub* se tradujo en el uso de planos curvos y ausencia de elementos superfluos. Con ello se logró la limpieza visual de la silueta. El recorrido de la vista es continuo por donde se mire el vehículo y los cambios de dirección son sutiles, casi imperceptibles. El carácter de horizontalidad se presenta en los laterales, combinado con líneas que insinúan

movimiento y ligereza. Las dobles curvaturas hablan a su vez de fortaleza en la estructura y protección al interior. La proporción de largo, ancho y altura otorga una notable presencia al vehículo.

El color de la carcasa, azul-gris metálico, se eligió en función de integrar el vehículo al medio, tomando como ejemplo la singular coloración en tonos metálicos de una gran cantidad de peces, mientras que el tono busca semejanza con la piel de los grandes mamíferos marinos y de los escualos. Los colores negro mate y gris frío para los interiores, completan un contraste discreto con el color exterior y son agradables a la vista. Toda esta combinación otorga un carácter de seriedad en el vehículo, acorde plenamente con las funciones a las que está destinado.

Las formas interiores presentan como característica general la ausencia de aristas y cantos vivos, y se complementan perfectamente con el exterior. En conjunto se logra equilibrio entre las partes del Vinsub, con armonía y agradables proporciones de volúmenes y superficies que le confieren el carácter de un producto de alto nivel estético con un bello lenguaje formal.

3.4 Materiales

Dadas las condiciones especiales del medio donde el vehículo opera, la elección de materiales constituyó un apartado de especial importancia, pues en buena medida el éxito de funcionamiento del *Vinsub* se origina en éstos. Los requerimientos generales en cuanto a las propiedades fueron:

- Alta resistencia a la corrosión del agua marina
- Alta resistencia al intemperismo
- Alta resistencia a la abrasión
- Bajo índice de oxidación
- Ligereza
- Buena resistencia mecánica
- Densidad media
- Bajo-medio mantenimiento
- Procesos de fabricación accesibles a producción en pequeña escala

3.4.1 Resina poliéster reforzada

Se eligió como material para la carcasa, soporte, paneles internos, tablero y fondo, su probado uso en la fabricación de embarcaciones avala su confiabilidad. Esto se debe principalmente a las propiedades y características de la resina poliéster reforzada con fibra de vidrio, que forma parte de los denominados plásticos reforzados termofijos (no regenerables por medio del calor) en los cuales durante el proceso de formación o moldeo se emplea algún material reforzante que mejora las características mecánicas del producto. Entre sus características principales se pueden mencionar:

- Facilidad en el manejo de los componentes

- Rápida cura y viabilidad de uso
- Excelente estabilidad dimensional en el producto final
- Buenas propiedades dieléctricas
- Excelentes propiedades físicas y mecánicas; una lámina de plástico reforzado, con el equivalente a 3 espesores de una de acero, tiene la misma resistencia mecánica a la tensión, pesando aproximadamente la mitad con mayor elasticidad.
- Resistencia a la corrosión y a gran cantidad de agentes químicos Facilidad de acabado

Aparte de estas características generales de las resinas se le pueden agregar otras características extras según la necesidad requerida, en este caso es necesaria una mayor resistencia química a la que puede ofrecer la resina de tipo general, para lo cual se emplea la resina isoftálica creada específicamente para una muy alta resistencia química.

El motivo por el que se decidió emplear como refuerzo fibra de vidrio se debe entre otras a las siguientes características propias de productos reforzados con este material:

- Alta resistencia a la tensión
- Completamente incombustible
- Biológicamente inerte
- Excelente resistencia al intemperismo y a gran cantidad de agentes químicos
- Excelente estabilidad dimensional
- Baja conductividad química.

En este caso se optó por emplear petatillo y colchoneta puesto que el primero tiene la propiedad de repartir las cargas y esfuerzos en forma uniforme y en sentidos transversales y la colchoneta refuerza repartiendo las cargas y esfuerzos mecánicos en todas las direcciones.

Para este proceso también es necesario usar dos tipos de películas: la desmoldante y la de acabado. La película desmoldante es utilizada para evitar que la pieza se pegue al molde; en este caso se empleará

cera como desmoldante. La película de acabado llamada Gel coat es la primera que se aplica después de la desmoldante; consiste en una formulación a base de resina coloreada o transparente y al ser aplicada proporciona una capa cuyas principales características son:

- Formar una superficie uniforme que permita, en caso necesario, aplicación de pintura.
- Impedir que el material de refuerzo "aflore" a la superficie.
- Mejorar las propiedades de resistencia química, razón por la cual en este caso se empleará gel coat isoftálico.

Cálculo de material por pieza

Casco

Superficie = 4.389 m²

Gel coat isoftálico	3.512 kg
Colchoneta 1 onza	1.316 kg
Colchoneta 1 1/2 onzas	3.950 kg
Petatillo 500	2.194 kg
Resina Isoftálica	15.885 kg
Total	26.850 kg

Carcasa superior

Superficie = 1.639 m²

Gel coat isoftálico	1.311 kg
Colchoneta 1 onza	0.447 kg
Colchoneta 1 1/2 onzas	1.340 kg
Petatiño 500	0.745 kg
Resina Isoftálica	5.391 kg
Total	9.231 kg

Alerón

Superficie = 0.576 m²

Gel coat isoftálico	0.460 kg
Colchoneta 1 1/2 onzas	0.518 kg
Resina Isoftálica	1.347 kg
Total	2.347 kg

Estabilizador de Alerón

Superficie = 0.162 m²

Gel coat isoftálico	0.129 kg
Colchoneta 1 1/2 onzas	0.145 kg
Resina Isoftálica	0.379 kg
Total	0.633 kg

Estabilizador inferior

Superficie = 0.150 m²

Gel coat isoftálico	0.120 kg
Colchoneta 1 1/2 onzas	0.135 kg
Resina Isoftálica	0.174 kg
Total	0.429 kg

Tablero

Superficie = 0.286 m²

Gel coat isoftálico	0.228 kg
Colchoneta 1 onza	0.085 kg
Colchoneta 1 1/2 onzas	0.257 kg
Resina Isoftálica	0.889 kg
Total	1.459 kg

Soporte

Superficie = 1.177 m²

Gel coat isoftálico	0.941 kg
Colchoneta 1 onza	0.353 kg
Colchoneta 1 1/2 onzas	1.059 kg
Resina Isofálica	3.671 kg
Total	5.024 kg

3.4.2 Policarbonato

Este material conocido como Lexan en color transparente se utiliza en la cubierta frontal, laminado en 6 mm, debido a su cristalinidad, ya que ésta posibilitará una mejor visibilidad para el buzo. Los policarbonatos en general son ideales para su empleo en equipo marino debido a su elevada resistencia al intemperismo, al trabajo mecánico, además de un alto grado de estructura. También tienen una excelente resistencia al impacto en un rango de temperaturas de 121°C a 170°C, su estabilidad térmica es muy buena; son autoextinguibles, poseen alta resistencia y estabilidad al agua y a la mayoría de los ácidos.

3.4.3 Nylon

El nylon (tipo 6) se eligió por su excelente capacidad de maquinado y alta resistencia mecánica. Todos los componentes de los ejes de giro en los sistemas de dirección y estabilización se diseñaron para fabricarse en este material. Por tratarse de un plástico se elimina el proceso de oxidación y se consigue ligereza.

3.4.4 Hule Neopreno

Dentro de los elastómeros, el hule neopreno es el que reúne la mayor cantidad de propiedades para el trabajo en el medio marino. Su baja densidad y resistencia al intemperismo permite su uso directo en forma de espuma laminada, su costo es medio y no requiere de procesos de transformación extra. En el soporte del buzo se emplea hule neopreno en forma de espuma laminada, para conformar una superficie rígida pero mullida que brinde comodidad al cuerpo del usuario.

3.4.5 P.V.C.

El P.V.C. es otro plástico que con ciertos aditivos tiene un funcionamiento ideal en el agua. Su flexibilidad y resistencia determinaron su elección para usarse en las cámaras de flotabilidad en presentación de película flexible calandreada. Las dos partes de cada cámara se unen mediante el proceso de sellado por ultrasonido.

3.4.6 Laca de nitrocelulosa

Se eligió como acabado laca de nitrocelulosa con una base de primer del mismo material. Esta pintura es de alta resistencia a los agentes químicos del agua marina y al intemperismo. La textura lisa y brillante que puede obtenerse es óptima para los requerimientos del *Vinsub*.

3.5 Procesos

3.5.1. Picado a mano y moldeo por aspersión de fibra de vidrio

Debido a la producción en pequeña escala que en el capítulo cinco se plantea para el Vinsub, el proceso elegido para la manufactura de las piezas en resina poliéster es el conocido como picado a mano o hand lay-out, que se combina con el uso de sistemas de aspersión. A continuación se describe generalmente el primer proceso que incluye el uso de moldes hechos de madera o de resina epoxy, siguiendo algunas recomendaciones de Felipe Parrilla.¹³ Los moldes necesarios para fabricar las piezas son:

- Casco: molde de dos piezas
- Carcasa superior: molde de dos piezas
- Tablero: molde de una pieza
- Soporte del buzo: molde de dos piezas
- Tapas del soporte: molde de una pieza
- Estabilizadores laterales: molde de una pieza

Al molde convenientemente preparado con cera desmoldante se le aplica con brocha de pelo o equipo de aspersión una capa de acabado cuyo espesor varía de acuerdo con el empleo de las piezas. Determinado el espesor del gel coat, que en este caso es de 0.5 mm. y una vez que éste ha curado, se coloca sobre el molde y se aplica la resina isoftálica (.6 mm. de espesor) en cuya formulación se encuentran el monómero de estireno, acelerador, cargas, concentrado de color y catalizador, aplicando inmediatamente después la colchoneta de 1 onza de manera uniforme. Posteriormente y antes de que la resina "gele", se procede al "rolado", es decir, a pasar un rodillo de plástico o metálico, generalmente ranurado con diámetro que varía de 9 a 25 mm. y con una longitud de 5 a 20 cm.

Este rodillo, al girar en varias direcciones y con presión uniforme ayuda a extraer el aire ocluido entre la resina y el material de refuerzo, colchoneta y petatillo en este caso, así como a lograr una buena adhesión con el gel coat. Después se repite la operación con resina isoftálica (0.9 mm.) y colchoneta de 1 1/2 onzas y finalmente se aplica nuevamente colchoneta con resina isoftálica (.9mm.) y petatillo. Es importante que éste sea colocado en la última capa, nunca en contacto directo con el gel coat, ya que de existir una mala aplicación en la capa de acabado, el petatillo será visible, lo que puede causar una mala apariencia a la pieza.

El moldeado por aspersión es un proceso muy similar al anterior; la diferencia básica estriba en el momento de aplicar la resina y el material de refuerzo, pues esta operación se efectúa por medio de una pistola que mezcla en la boquilla de salida, resina preparada, catalizador y fibra de vidrio en secciones de 5 cm de longitud aproximadamente. La pistola debe mantenerse a una distancia que permita la mezcla de los materiales antes de que éstos se depositen en el molde. Cuando la mezcla está sobre el molde, se procede al rolado de manera similar al proceso descrito anteriormente.

3.5.2. Formado al vacío

Para la fabricación de la cubierta transparente, se eligió el termoformado al vacío, a través de un molde en negativo. Para esto es necesario calentar por medio de resistencias la lámina de Lexán a una temperatura aproximada de 270°C, durando este ciclo de calentamiento de 30 a 45 seg y colocarla sobre el molde que tiene un aspirador integrado con el cual se genera el vacío; el ciclo de vacío dura de 5 a 10 segundos. De esta manera se obtiene el formado de la cubierta.

Las ventajas principales del termoformado al vacío son: se pueden producir partes de gran superficie en forma económica y rápida, el costo del herramental es bajo, los prototipos son baratos y la exactitud dimensional es buena.¹⁴

3.5.3 Ensamblado del Vehículo

Finalmente, el ensamblado del vehículo corresponde también a los procesos de manufactura. El Vinsub fue diseñado para unirse en las partes superior e inferior, éste es, el casco y la carcasa superior con tornillos

de rosca corrida y tuerca con una junta de hule neopreno por enmedio. De esta manera se posibilita el acceso al interior para dar mantenimiento a los sistemas de dirección. Al motor y las baterías se tiene acceso directo a través de la tapa trasera sin necesidad de desarmar la carcasa. Todo este proceso se realiza con herramienta básica manual y el total de subensambles y montaje de sistemas de funcionamiento se hacen sobre las dos piezas principales de la carcasa, a través de tornillos, remaches y adhesivos.

NOTAS

1. Henry Dreyfuss. Tables. (MIT, Cambridge, 1981.)
2. Cfr. Mc Cormick. Antropometría para diseñadores. (Barcelona, Gustavo Gili, 1979)
3. Cfr. Baltasar Pazos. Técnicas de buceo deportivo. (México, Diana, 1978), pp 98-117.
4. Cfr. N.C. Flemming and M.D. Max. Scientific diving: a general code of practice. (UNESCO, 1990), pp 9-19
5. Cfr. Hancock and Milner. Task performance underwater. (Revista Applied ergonomics, junio 1986), pp 143-147
6. Damon, Stoudt and Mc Farland. The human body in equipment design. (Dover, 1979), pp 235-236
7. Cfr. Robert W. Fox y Alan T. Mc Donald. Introducción a la mecánica de fluidos. (México, Mc Graw - Hill, 1990) , pp 38-46
8. Ibid. pp 434-435
9. Un nudo equivale a una milla náutica por hora; una milla náutica es igual a 1.854 km/h
10. Frank Busby. Manned submersibles. (Washington, Office of the Oceanographer of the Navy, 1976), pp 393

11. Robert W. Fox y Alan T. Mc Donald. Op. cit. pp 425-431
12. Gillo Dorfles. El diseño industrial y su estética. (Barcelona, Labor, 1977). pp 16
13. Cfr. Felipe Parrilla. Resinas poliéster, plásticos reforzados. (México, La ilustración, 1989). pp 75-71
14. Cfr. Ulrich Schärer et al. Ingeniería de manufactura. (México, CECSA, 1984), pp 647-648



El producto final

En este capítulo se describen las características funcionales del vehículo y los criterios que las originaron, siempre girando alrededor de la forma, ergonomía e hidrodinámica.

4.1 Ficha Técnica

Dimensiones

- Eslora: 2440 mm.
- Manga: 1060 mm.
- Altura: 1050 mm.
- Manga incluyendo estabilizadores laterales: 1730 mm.

Peso

- Peso muerto (sin carga, incluyendo el agua en todas las cavidades): 158 kg.
- Peso con carga máxima: 280kg.

Propulsión

- 1 motor eléctrico C.D. 3/4 H.P., 1750 r.p.m. con caja de reducción hasta 60 r.p.m. marca Baldor.

Equipo Eléctrico

- 2 baterías 38 Ah 12 Volts, ácido-plomo, selladas recargables marca Yuasa (NP38).

Capacidad

- Una Plaza

Velocidad

- 0-2 nudos (3.70 km/h)

Propela

- Tres aspas, desplazamiento 17.78 cm/r., 25 cm de diámetro.

Tiempo libre de funcionamiento:

- 2 hrs.

Profundidad máxima de trabajo:

- 50m (150 ft)

Material de Casco

- Resina Poliéster isoftálica reforzada con fibra de vidrio

4.2 Soluciones de Diseño

Para la mejor descripción de todos los sistemas y componentes que intervienen en el funcionamiento del vehículo se dividieron en:

- Soporte del buzo

- Sistema de dirección y sistema estabilizador
- Sistema de propulsión
- Sistema eléctrico
- Sistema de control de flotabilidad.
- Tablero de mando
- Zona de almacenaje
- Iluminación
- Equipo de emergencia
- Transporte en superficie
- Manejo del *Vinsub*

4.2.1 Soporte del Buzo

El soporte del buzo se diseñó con total apego a las condiciones ergonómicas. Se compone de un sector de sección cilíndrica subdividido en 3 partes, recubierto con espuma de neopreno de 1/8". Este sector cubre la zona de almacenaje por lo cual puede abatirse por el medio. Cuenta con ranuras para que penetre el agua, que además funcionan como jaladeras. El material elegido para estas piezas es resina poliéster reforzada con fibra de vidrio. Ver plano pag. 82

4.2.2 Sistema de dirección y sistema estabilizador

Este sistema considera la comunicación de movimiento del timón central en la parte de proa, con la del timón de popa. De esta manera cuando el timón gira a la izquierda o la derecha, se comunica este movimiento a través de un sistema de cables y poleas a una palanca horizontal que se origina en el mismo eje de giro del timón de popa, de esta forma se consigue que el buzo gire a un lado y el timón lo haga en dirección contraria, que es la manera de cambiar de dirección en una embarcación. Para comunicar el movimiento de

proa a popa, se utiliza cable de acero inoxidable trenzado cal. 12, asegurado con tornillos prisioneros a los brazos de giro.

El sistema estabilizador funciona de manera similar al de dirección, comunicándose el movimiento directamente de la proa a los alerones ubicados en los costados del vehículo por medio de cables de acero trenzado unidos a brazos de giro. Para accionarlo se dispone de una palanca en el tablero de mando con una guía por pasos que rota hasta 30° en positivo y negativo. De esta manera se consigue el ascenso y descenso del vehículo. Las varillas y ejes de giro para este sistema son de nylon y se fijan con soportes al piso del vehículo. La fricción en los giros se reduce mediante el uso de bujes en los ejes de los soportes. Ver planos pag. 83 y 84

4.2.3 Sistema de propulsión

El sistema de propulsión lo constituye un motor de corriente directa de 3/4 H.P. a 12 volts. El régimen libre es de 1750 r.p.m. como máximo. Esta diferencia se compensa con la caída que sufre el régimen al mover la propela dentro del agua. Para controlar este régimen y la velocidad de avance, se cuenta con un motorreductor integrado directamente a la flecha del motor. Tanto el motor como la caja de reducción que se encuentran unidos por el fabricante, se ubican dentro de una caja estanca de aluminio con espesor de 6 mm dividida en dos partes. Esta caja se encuentra sellada con un empaque de hule tipo "o" ring y las dos tapas se aseguran entre sí con tornillos. La salida de la flecha se aísla del agua con un cople roscado. Por el interior de este cople pasa la flecha y sella con un "o" ring que se aloja en una hendidura de la pared del cople. Afuera, la flecha se conecta a la propela. Así, la propela, ubicada al centro del vehículo en la popa recibe un torque alto y la potencia necesaria para poner en movimiento al *Vinsub*. Esta propela es de aluminio inyectado a presión, de tres aspas y con una capacidad de desplazamiento de 18 cm. por revolución aproximadamente. El diámetro de la propela es de 25 cm. El encendido del motor se controla desde el tablero con un interruptor que regula el paso de energía eléctrica al motor. Este motor de imán permanente se eligió de corriente directa pues las características de voltaje de las baterías son más adecuadas para este tipo de motores. El motor de corriente directa proporciona un torque alto al momento del encendido. Esto es indispensable para que pueda ponerse en movimiento el vehículo, sin que se requiera un motor de mayor potencia. En el caso del agua, es mejor un motor poco revolucionado, pero que mantenga constante su potencia y el torque alto, pues con ello se obtiene el mayor rendimiento. Ver planos pag. 86 y 87

Para calcular la potencia del motor, se utilizó una fórmula que permite determinar la potencia requerida en la flecha comunmente llamada SHP (shaft horse power). Esta fórmula, sugerida por Rechnitzer y Gorman¹, involucra la velocidad de desplazamiento, la profundidad y las dimensiones y volumen del vehículo.

$$\text{SHP} = 0.005 V^3 \Delta^{2/3}$$

V= velocidad en nudos

$\Delta = \text{LBD}/60$ L= longitud en ft

B= anchura en ft

C= profundidad en ft

Para el Vinsub substituyendo:

V= 2 nudos

$\Delta = \text{LBD}/60$ L= 8 ft

B= 3.5 ft $\Delta = 70$

C= 150 ft

$$\text{SHP} = 0.005 (2)^3 (70)^{2/3}$$

$$\text{SHP} = 0.005 (8) (16)$$

SHP = 0.64 H.P. aproximadamente 3/4 H.P.

4.2.4 Sistema Eléctrico

El sistema eléctrico del *Vinsub* está constituido por dos baterías recargables conectadas en paralelo, cada una con capacidad de 38 Ah y 12 V. Estas baterías son de tipo plomo-ácido y están selladas para evitar desprendimiento de gases, lo cual las hace muy seguras. Las baterías alimentan de energía al motor y al faro delantero. El tiempo de carga después de consumir el 100 % es de 20 horas como máximo y de 4 horas cuando la capacidad es aún del 50%.

Ambas baterías se ubican en el extremo de babor (izquierda) del vehículo, contrarias al motor. También están contenidos en una caja estanca similar a la del motor. La conexión entre el motor y las baterías se hace mediante un ducto de hule neopreno que cuenta con terminales en los extremos. Dichas terminales son conectores roscados que se atornillan a sus contras en las cajas. La conducción al faro de proa es de la misma manera. La elección de baterías de plomo-ácido estuvo determinada por sus características ideales. Las baterías de este tipo tienen alto rendimiento y son baratas. Su capacidad de almacenaje de energía por unidad de costo es mayor a la de cualquier otro sistema electroquímico comercial y presentan menos riesgo de emanación de gases explosivos durante la recarga. Ver plano pag. 86

4.2.5 Sistema de control de flotabilidad

El sistema de flotación se compone de una fuente de alimentación de aire y de cámaras unidas a ésta a través de mangueras para aire de alta presión. Se utiliza para compensar la flotabilidad del vehículo; como se explicó, el *Vinsub* tiene flotabilidad negativa. Esto se debe a que es un vehículo abierto al cual penetra el agua en todas sus cavidades. De esta manera el lastre utilizado es el agua misma. Para compensar este efecto que irremediamente lo dejaría en el fondo, se utilizan las cámaras de flotación. De esta forma, el buzo desciende hasta la profundidad planeada y llena, con el aire que sea necesario, los depósitos para igualar los volúmenes de fluido que el vehículo desplaza y con ello lo mantiene entre dos aguas.

La manera de llenar los depósitos es presionando la válvula de paso que se conecta a la fuente de alimentación, para liberar el flujo de aire al interior de las cámaras. Tal fuente se compone de un tanque de buceo que sirve también como un tanque de reserva. La capacidad máxima de llenado de las cámaras es de 13000 cm³ de aire cada una. El sistema se compone de dos y están situadas en los costados del vehículo

entre la carcasa exterior y la zona de almacenaje. Cada cámara tiene una válvula de alivio (check) para evitar el inflado excesivo y la consecuente explosión. Asimismo, si el buzo requiere de vaciar rápidamente la cámara por un cambio de densidad en el agua, puede hacerlo por medio de la otra válvula que libera el aire de las cámaras.

El aire se conduce simultáneamente a través de las mangueras a las dos cámaras. Al final de la inmersión mediante el llenado total de las cámaras, puede utilizarse el sistema como medio de flotación en superficie, mientras el vehículo aguarda a la embarcación nodriza. Las cámaras son de P.V.C. tratado para el intemperismo, las mangueras son de hule cloropreno con refuerzo de fibras trenzadas, que les confieren resistencia a la presión. Ver plano pag. 85

4.2.6 Tablero de mando

El tablero se ubica en la proa del vehículo. En él se sitúan todos los instrumentos necesarios para la navegación subacuática a bordo del *Vinsub*. Estos elementos que se conforman de equipos comerciales son: profundímetro, brújula, indicador de nivel, termómetro y reloj. La inclinación en el plano frontal de 40° , hace que el buzo pueda mirar de frente al tablero sin perder de vista la proa del vehículo. Asimismo hay una consola en la que se ubican las válvulas de aire, un indicador de baja energía de las baterías, el interruptor y variador de velocidad del motor y un espacio para contener la tablilla de escritura. Al lado de este tablero está la palanca que controla el movimiento de los alerones. El material del tablero es nuevamente resina poliéster reforzada con fibra de vidrio. Ver plano pag. 81

4.2.7 Zona de almacenaje

La zona de almacenaje representa un elemento muy importante, pues es el sitio que da respuesta directa a las necesidades que originaron el desarrollo de este proyecto. Haciendo un análisis de requerimientos óptimos de espacios, se resolvió una capacidad aproximada de 200 dm^3 . Este espacio tiene como envolventes dos grandes secciones de $90 \text{ cm} \times 70 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ cada una dividida transversalmente en 3 secciones de 30 cm . En el fondo hay un falso piso montado sobre las cuerdas que estructuran el casco, al cual se pueden conectar mediante rieles, paneles laterales para subdividir este espacio longitudinal y transversalmente. Así se tienen planos horizontales y verticales para asegurar la carga. Como estos paneles son reticulados es

posible atar los instrumentos y herramientas para portarlos con seguridad. Las tapas de todo el espacio corresponden al soporte del buzo. Con ello se ahorra espacio en todo el vehículo y el buzo tiene más control para evitar pérdidas de material. Estas 2 tapas abaten hacia afuera y son fácilmente movibles. Para cerrarlas, se presiona un poco y éstas se sujetan con una grapa a los soportes que tiene el compartimiento. Ver plano pag. 82

4.2.8 Iluminación

La posibilidad de bucear en aguas oscuras o de noche, se contempló en el diseño del vehículo, dotándolo de un pequeño faro en el frente. Tal faro tiene una capacidad de 9 watts y se compone de un foco de halógeno de haz concentrado, que es el más recomendable para utilizarse bajo el agua. Este foco está dentro de un compartimiento estanco. La alimentación de energía eléctrica se obtiene desde las baterías ubicadas en la popa, con un cable y conectores a prueba de agua.

4.2.9 Equipo de emergencia

Como equipo de reserva se integró en la parte frontal y delante del soporte del buzo, un espacio para contener un tanque de buceo (aire comprimido) que también se usa para el llenado de las cámaras de flotación. Este tanque sólo se utiliza en casos de emergencia. Dentro del espacio de almacenaje se incluye un silbato, una boya de localización, dos cabos de 15 m, cinco cartuchos de luz química, y una lámpara sorda a prueba de agua.

4.2.10 Transporte en superficie

El carácter del *Vinsub* es únicamente subacuático y por ello no se contempló la navegación en superficie. Sin embargo, para las labores de transporte hacia el sitio de buceo, es posible remolcarlo con una embarcación mediana de 16 pies de eslora. Para tal efecto, en el frente, se cuenta con un poste para sujeción de cabos de donde puede enlazarse el vehículo ya sea amarrándolo o por medio de un mosquetón. Para garantizar el remolque, es necesario llenar al máximo las cámaras de flotación, pues de otra manera, se corre

el riesgo de hundimiento. Para sacarlo a la playa, o bien, hacer una inmersión entrando desde la playa, es factible empujarlo, pues los estabilizadores inclinados de la cara anterior facilitan esta labor.

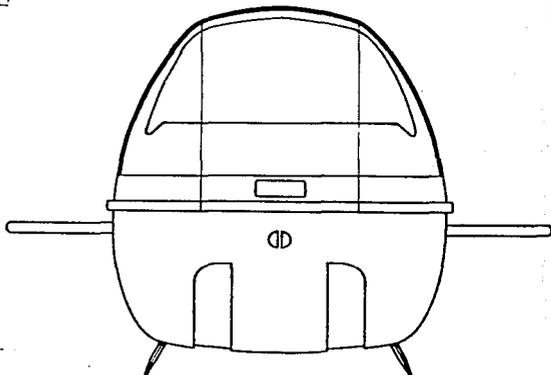
4.2.11 Manejo del Vinsub

Es muy importante la capacitación para conducir el *Vinsub*. Por seguridad, sólo podrá guiarlo quién tenga certificación de grado " Tres estrellas" como mínimo. Además deberá completarse un curso teórico práctico sobre todos los aspectos de control del vehículo, así como situaciones de emergencia y de mantenimiento, que otorguen pleno conocimiento de las características al buzo responsable. Deben observarse las máximas condiciones de precaución en el momento de manipular las baterías para su carga y descarga, así como para su remoción e instalación en el vehículo. Nunca deberá navegarse en solitario y de ser posible, es conveniente contar con una embarcación de apoyo en superficie que pueda auxiliar al grupo de buzos que usen el vehículo. Tampoco debe rebasarse la profundidad de trabajo que es de 50 m (150 ft). Antes y después de cada inmersión debe verificarse que se encuentren en perfecto estado los sistemas de propulsión, flotación y eléctrico. Si se encontrara alguna falla, debe suspenderse la inmersión del vehículo. Para mantener la carcasa en buen estado, deberá limpiarse de formaciones calcáreas y de algas cada 15 días como mínimo y aplicar silicón en cera a todas las partes, incluyendo empaques y sellos de hule.

4.2.12 Planos técnicos

En las siguientes páginas se incluyen los planos técnicos generales del *Vinsub*

1060



VISTA FRONTAL

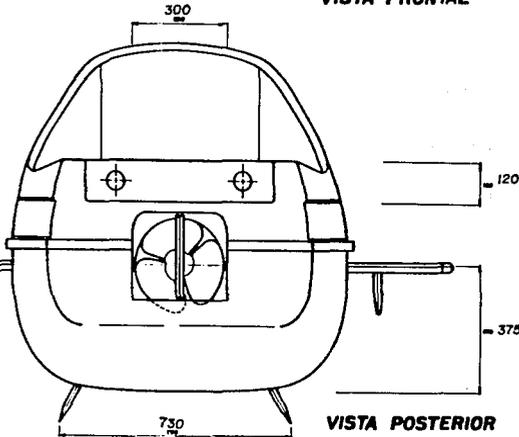
300

350

630

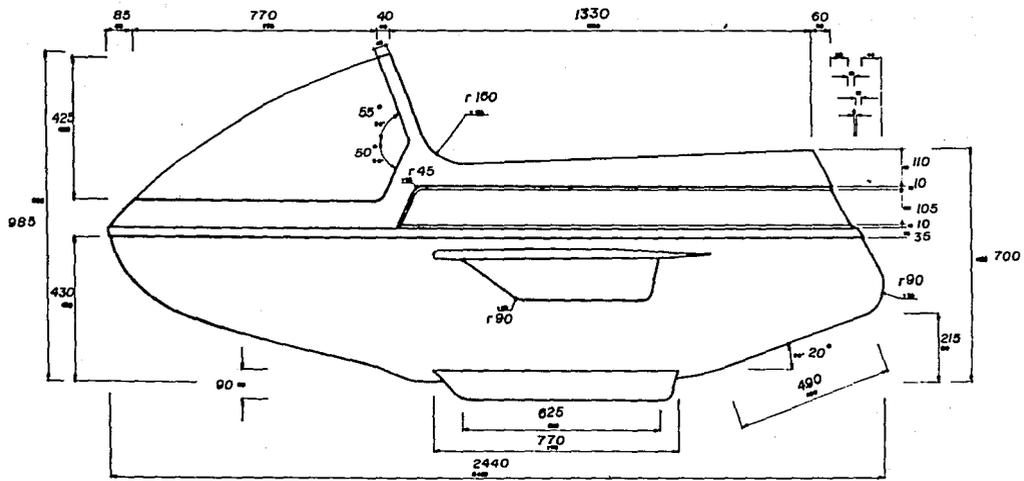
115

110



VISTA POSTERIOR

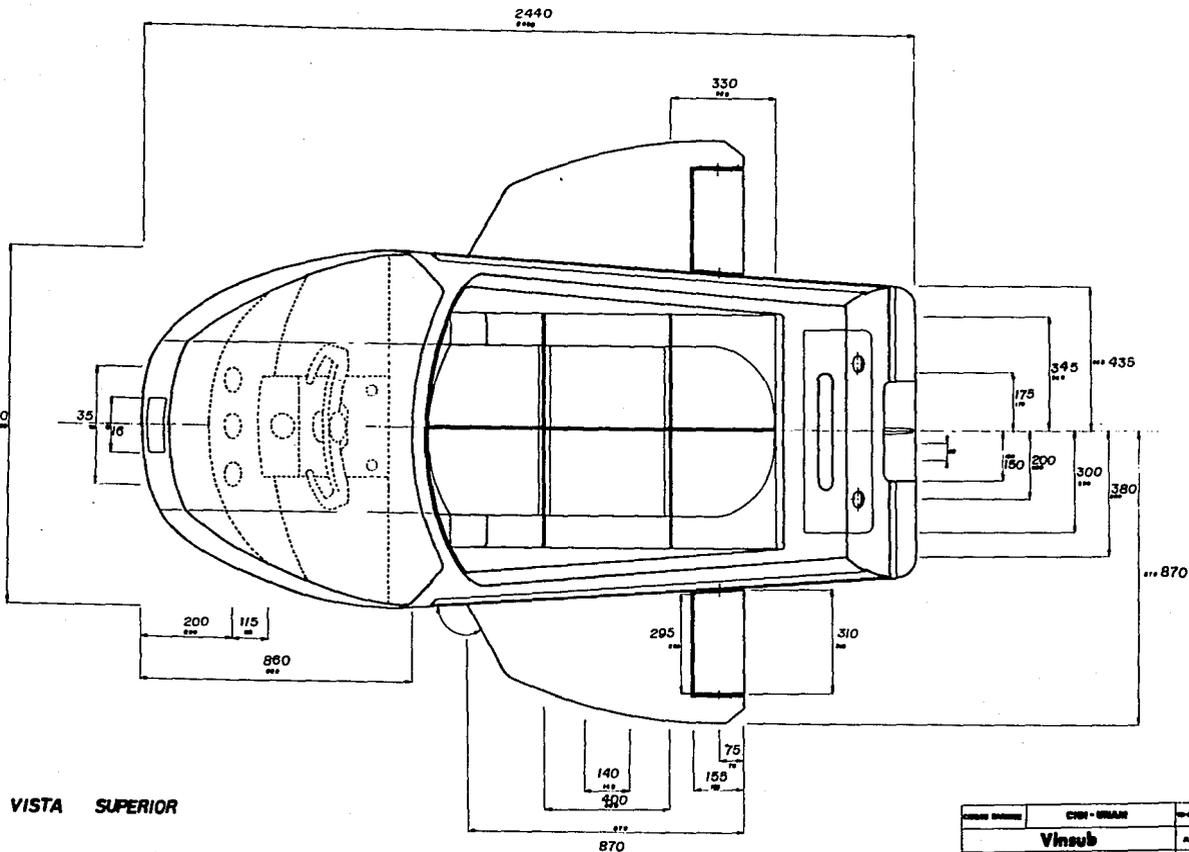
MODEL NUMBER	OPER - USNAMES	FORM NO.	REV. A
Vinsub		4-1	6
VISTAS GENERALES		DATE	BY



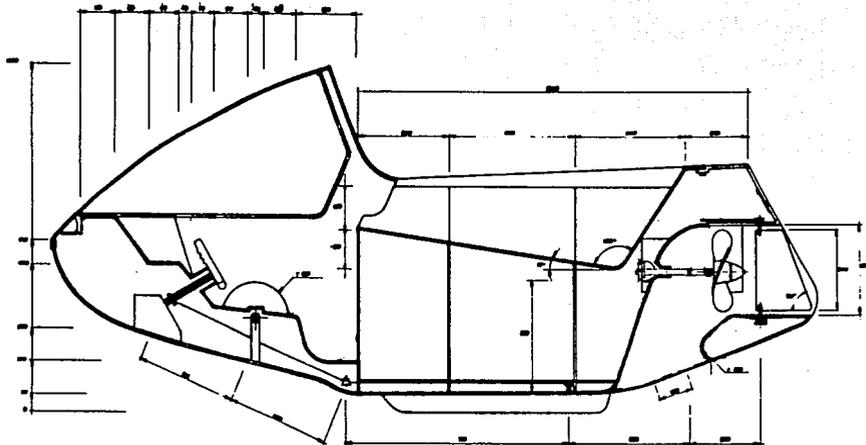
VISTA LATERAL DERECHA

LINHA BASE	CIN - UNIAN	10-00	1/2
Vinsub		A-1	⊕
VISTAS GENERALES			✓

1060



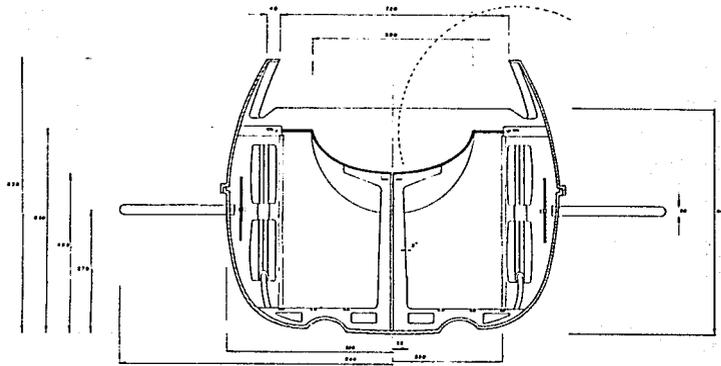
CONTRA BOMBA	CIN - URUAN		
Vinsub		1/1	1/1
VISTAS GENERALES			



CORTE A - A LONGITUDINAL

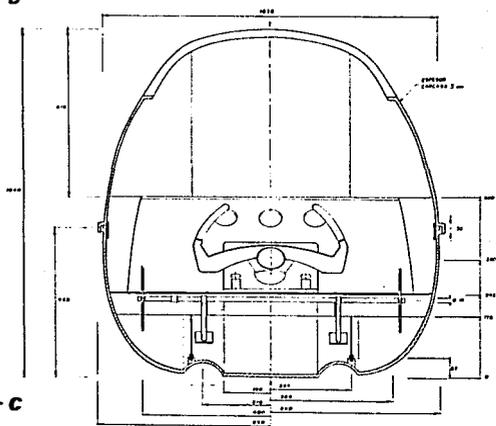
UNIVERSIDAD	CIEN - VINSUB	
Vinsub		A-A
CORTE A-A LONGITUDINAL		1/2

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**



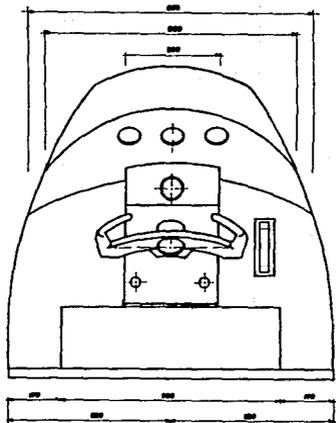
CORTE B-B

OBSERVACIONES: Las dimensiones expresadas son generales.
 Para dimensiones particulares, consulte los planos de detalle.
 Acabados e parte del origen.

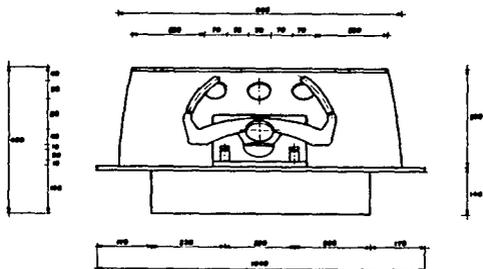


CORTE C-C

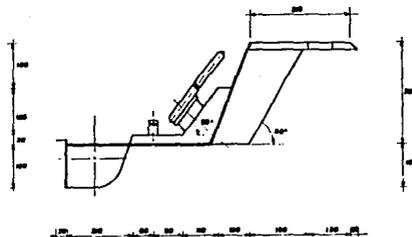
CARLOS RAMALIZ	CIDI - UNAM	NO-3-80	Plan. 1-1
	Vinsub	A-1	1/4
CORTES GENERALES		Acabado	C-1
		Plan	1/1



VISTA SUPERIOR



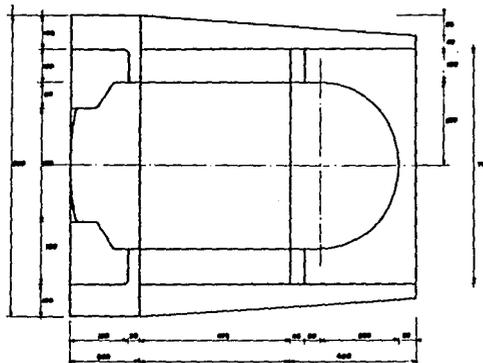
VISTA FRONTAL



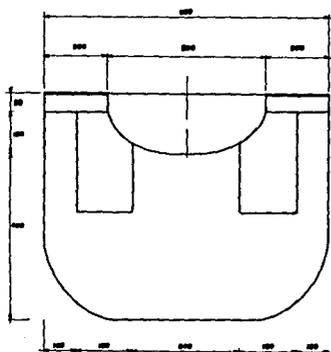
V. LATERAL DERECHA

CODIGO DISEÑO	C204 - M244	1000	1000
Vinsub		1000	1000
TABLERO VISTAS GRALES		1000	1000

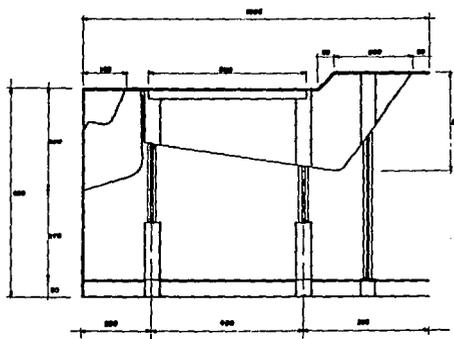
VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL

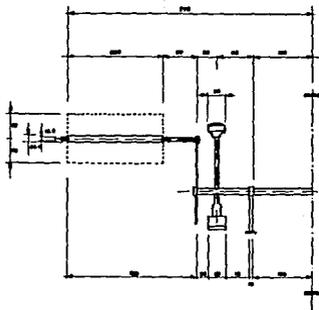
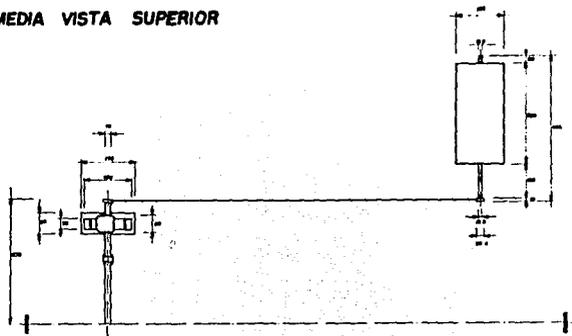


V. LATERAL DERECHA



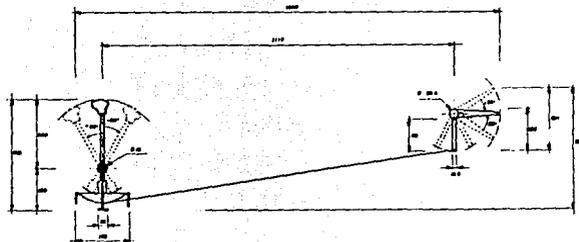
CLASIFICACION	CYBE - URAM	10-0-00	1000 1.0
Vinsub		A-0	⊕
SOPORTE Y CAJUELAS V. GRALES		1000	✓

MEDIA VISTA SUPERIOR

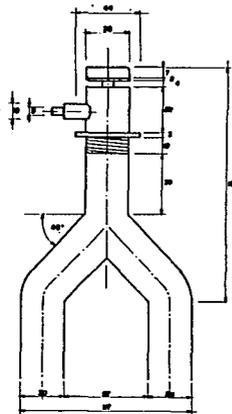


MEDIA VISTA FRONTAL

MEDIA VISTA LATERAL DERECHA

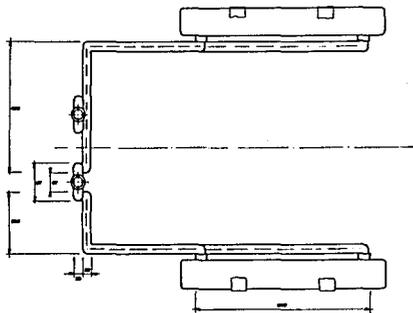


CARBON DAMAGED	CYB - MRLAN	100-000	Rev. 7.0
Vinsub		A-4	⊕
SST. ESTABILIZACION - VST. GRALES			

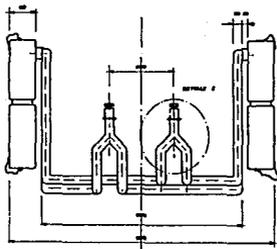


DETALLE Z

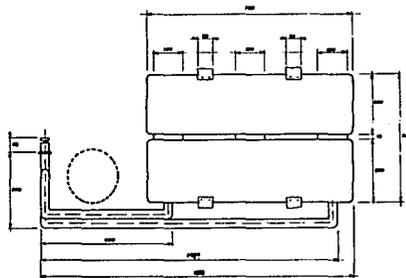
EN. 81



VISTA SUPERIOR



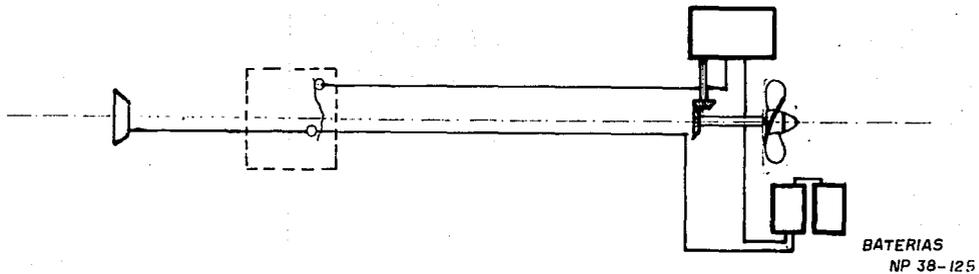
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL DERECHA

CARTEL IDENTIFICATIVO	CIDM-URBAM	PROYECTO	HOJA 2
Vinsub		AL. 1	1/1
SST. FLOTABILIDAD V GRALES		FECHA	1/1

M MOTOR 3/4 H.P.



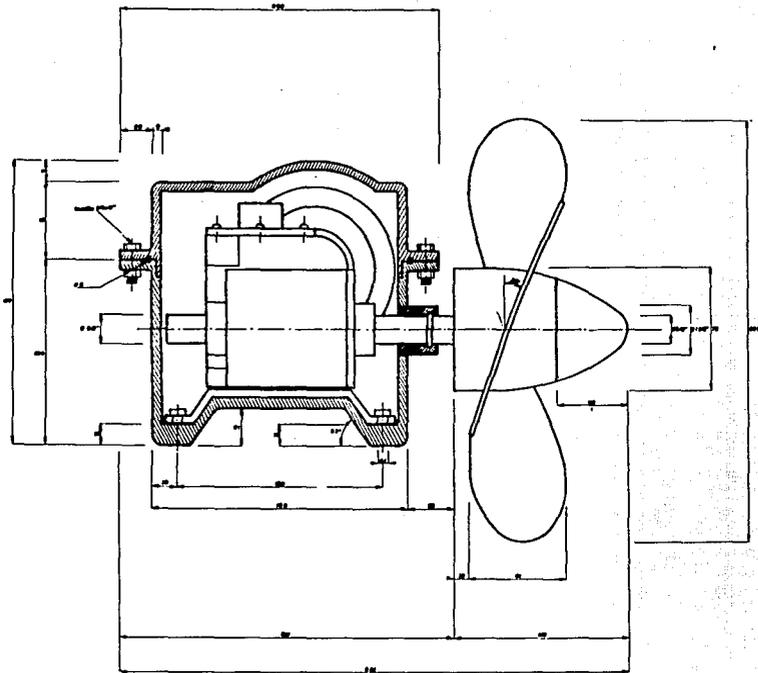
**ESQUEMA
SIST. ELECTRICO**

CARLOS BAMBUELLI CIDI - UIRAM

Vinsub

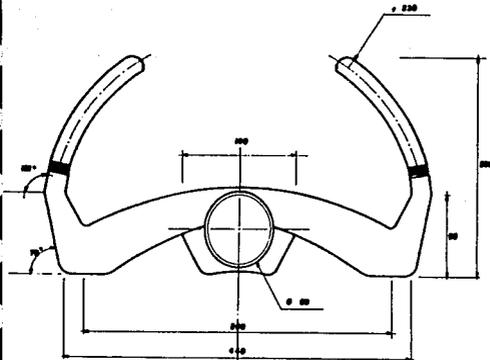
CORTES GENERALES

10-0-00	100000
A-1	100000
100000	100000
100000	100000

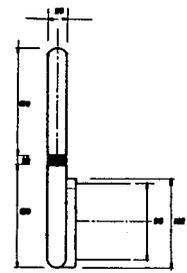


DETALLE PROPELA

CALIBRE GARIBOLDI	C/100 - 100/1000	10-100	100-1000
Vinsub		A-10	G ⊕
CAJA ESTANCA PARA MOTOR		1000	1000



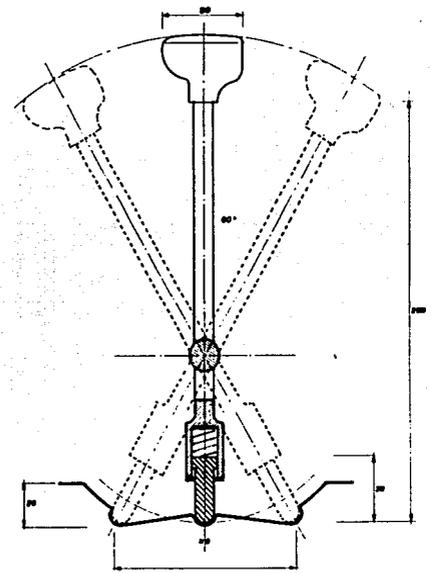
V. FRONTAL



V. LATERAL DERECHA

TIMON DE MANDO (PROA)

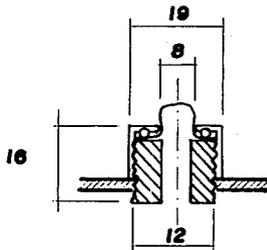
Esc. 1:2



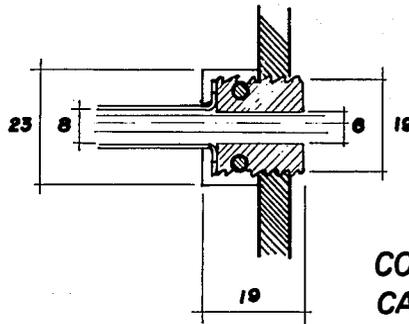
DETALLE PALANCA CONTROL DE ESTABILIZADORES

Esc. 1:1

Modelo	C201 - UNIAN	Hoja	1
Vinsub		A-1	⊕
DETALLES DIRECCION		Escala	1:1

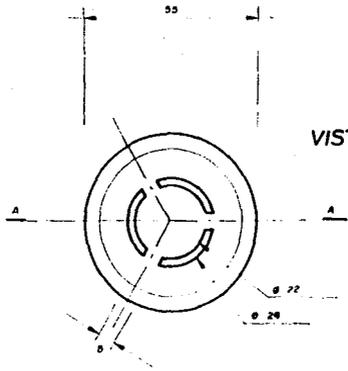


**CONECTOR PARA
INTERRUPTOR**

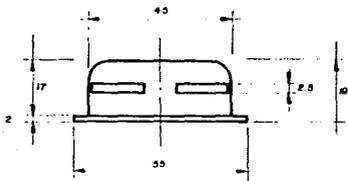


**CONECTOR PARA
CABLEADO**

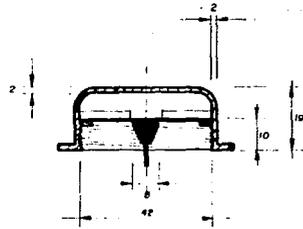
CARLOS RAMIREZ	CIDI - UNAM	10-3-92	Esc: 1:1
Vinsub		A-4	
CONECTORES ELECTRICOS - CORTES		Acot: mm	



VISTA SUPERIOR



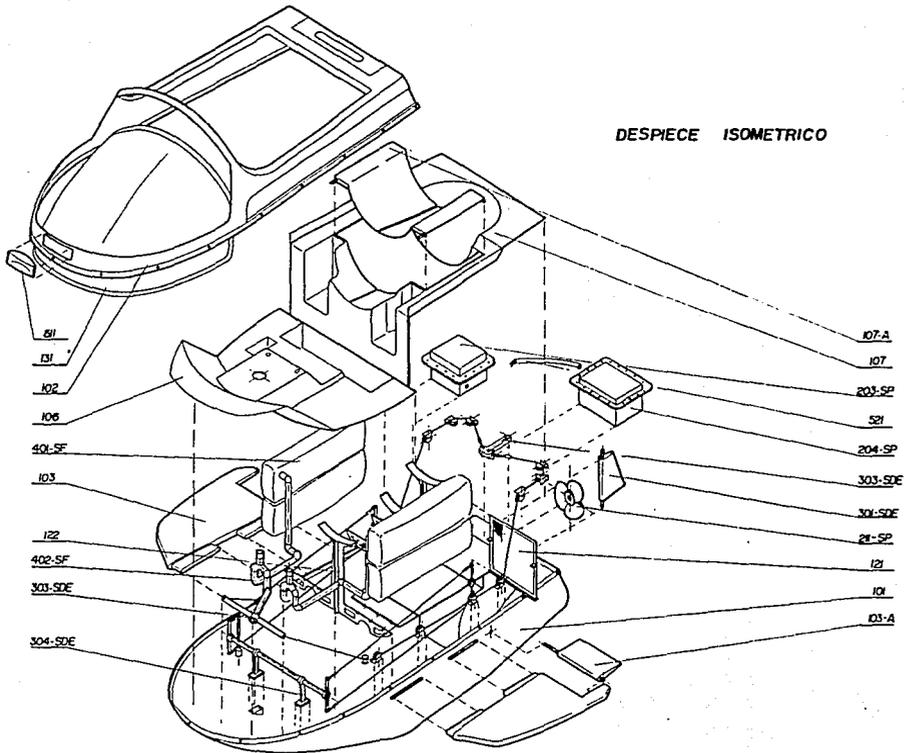
VISTA FRONTAL



CORTE A - A

CARLOS RAMIREZ	CIDI - UNAM	10-3-88	Eco: / I
Vinsub		A-3	
VALVULA DE ESCAPE SIST. FLOT.		Acot: mm	

DESPIECE ISOMETRICO



CADRE NUMBER	CIDH - URMAN	REV	DATE
Vinsub		A-18	① ②
DESPIECE GENERAL		1.0	

Tabla de Especificaciones

NUM	NOMBRE	CANT	MATERIALES ,PROCESOS Y ACABADOS
101	Casco	1	Resina poliéster isoftálica reforzada con fibra de vidrio, picado a mano y por aspersion. Acabado: Laca de nitrocelulosa color azul-gris metálico
102	Cubierta superior	1	
103	Estabilizador lateral	2	
104	Estabilizador auxiliar	2	
105	Estabilizador inferior	2	
106	Tablero	1	Resina poliéster isoftálica reforzada con fibra de vidrio, picado a mano y por aspersion. Acabado: gel coat negro mate
107	Soporte	1	
201-SP	Motor	1	Marca Baldor modelo GPP 7470 3/4 H.P.
202-SP	Batería	2	Marca Yuasa Modelo NP24-12B
203-SP	Caja estanca motor	1	Aluminio. Inyección de alta presión. Acabado:natural anodizado
204-SP	Caja estanca baterías	2	
301-SDE	Timón de popa	1	
302-SDE	Timón de proa	1	
303-SDE	Sist. cables y varillas de dirección	1	Espuma de poliuretano semirígida de alta densidad. Inyección RIM. Acabado: piel integral color gris frío 40% Varios. Comercial. Cable acero trenzado. Cal. 12

304-SDE	Sist. cables y varillas estabilizadores	1	Nylon tipo 6, barra redonda 1"
401-SF	Depósito flotación	1	P.V.C. calandreado 1.5 mm esp. Sellado por ultrasonido, Acabado: s/a
402-SF	Manguera		Comercial. Cloropreno con lona, para alta presión 1/4" diámetro. marca Euzkadi
403-SF	Válvulas (juego)	1	Comercial marca Dakor
121	Paneles divisores	8	Polietileno alto impacto. Extruido perforado. Pigmentado negro brillante
122	Cuadernas	3	Polietileno alto impacto Inyección de alta presión. Acabado: pigmentado negro brillante
131	Cubierta frontal transp.	1	Policarbonato Lexán (Du Pont), laminado 6 mm esp. Formado al vacío
211-SP	Propela	1	Comercial marca Yamaha, 3 aspas mod. 3-18-1.5
212-SP	Ejes propela	1	Comercial Bronce 1" diámetro Maquinado
501	Grampín	1	Comercial. Fundición de hierro
511	Faro frontal	1	Comercial. Halógeno 9 watts
512	Profundímetro	1	Comercial marca Dakor
513	Manómetro	1	
514	Giroscopio	1	
515	Brújula	1	
521	Cableado eléctrico (juego)	1	Comercial. Cable aislado con forro de plástico Zytel marca Du Pont.
522	Interruptores	1	Comercial Square D
531	Cabos	1	Comercial nylon trenzado 1/2"
601	Tornillos y remaches	1	Comercial. Aluminio y acero

NOTAS

1. Cfr. John J. Myers et al. Handbook of ocean and underwater engineering. (Mc Graw-Hill, 1969) pp 63-80



La producción y las finanzas

5.1 Condiciones de producción

Para respaldar la propuesta de crear una microindustria a partir de este proyecto, se elaboraron los procesos de operación necesarios para el armado del *Vinsub*, considerando que se trata de una planta de ensamble que producirá cuatro unidades mensuales. Asimismo se efectuaron los cálculos sobre tiempos de producción y requerimientos para el correcto funcionamiento de la planta, incluyendo el desarrollo ideal de un lay-out con la distribución de maquinaria, zona de ensamble, almacén y demás elementos propios para efectuar el trabajo. Toda esta información se presenta a través de diagramas de operación de ensamble, así como esquemas y tablas de datos.

Los diagramas de procesos de operación contienen la representación de todas las acciones que se llevan a cabo en la elaboración del producto. Las hojas de operación de ensamble contienen en forma de texto la misma información que los diagramas. Los cálculos de tiempo se realizaron con la fórmula de tiempo estándar:

$$T. \text{ estándar} = T. \text{ normal} + T. \text{ normal} [\% \text{ de suplemento (fatiga)}]$$

La jornada de trabajo es de 8 hrs. diarias en una semana de cinco días laborables.

Diagrama de Gant

	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE
Montaje de estabiliz. inferiores	=====				
Montaje de estabiliz. laterales	=====				
Montaje sistema de dirección	=====				
Montaje sistema de estabilización	=====				
Montaje compartimentos		=====			
Montaje sistema de propulsión		=====			
Montaje sistema eléctrico		=====			
Montaje tablero			=====		
Montaje faro			=====		
Montaje soporte del buzo			=====		
Montaje tapa de proa			=====		
Montaje cubierta transparente				=====	
Unión de carcasa sup. con casco				=====	
Montaje de timón y palanca				=====	
Prueba final en estanque					=====

HOJA DE OPERACION DE ENSAMBLE

PRODUCTO: *Vinsub*

SUBENSAMBLE: A1 Estabilizadores inferiores

Subensamblable	Operación	Tiempo
A1.1	Montaje en el casco	35 min
A1.2	Atornillado en las clavijas	10 min
A1.3	Aplicación de adhesivo en juntas	10 min
A1.4	Inspección final	7 min
	TOTAL	62 min
		1 hr 2 min

HOJA DE OPERACION DE ENSAMBLE

PRODUCTO: *Vinsub*

SUBENSAMBLE: A2 Estabilizadores laterales

Subensamblable	Operación	Tiempo
A2.1	Montaje en el casco, dentro de las guías	35 min
A2.2	Atornillado en las clavijas	10 min
A2.3	Aplicación de adhesivo en juntas	10 min
A2.4	Inspección final	7 min
	TOTAL	62 min
		1 hr 2 min

HOJA DE OPERACION DE ENSAMBLE

PRODUCTO: *Vinsub*

SUBENSAMBLE: A3 Poleas y sist. de dirección

Subensamblable	Operación	Tiempo
A3.1	Colocado y montaje de varillas en columna de dirección proa	25 min
A3.2	Fijado y atornillado de poleas para cable trenzado en casco	60 min
A3.3	Revisión de giro y alineación de poleas. Tendido de cable	15 min
A3.4	Montaje y fijado del eje de popa para el timón. Lubricado	20 min
A3.5	Colocado de rodamiento en la base del timón de popa y alineación con el superior	20 min
A3.6	Revisión final del sistema	10 min
	TOTAL	150 min 2 hr 30 min

HOJA DE OPERACION DE ENSAMBLE

PRODUCTO: *Vinsub*

SUBENSAMBLE: A4 Sistema de estabilización

Subensamblable	Operación	Tiempo
A4.1	Montaje de eje de proa y fijación de brazos de giro en popa	30 min
A4.2	Montaje y fijación de alerones y bujes para giro	25 min
A4.3	Conexión de varillas a brazos de giro en alerones y proa	20 min
A4.4	Montaje de palanca en proa	10 min
A4.5	Prueba final de funcionamiento	10 min
	TOTAL	85 min 1 hr 25 min

HOJA DE OPERACION DE ENSAMBLE

PRODUCTO: Vinsub

SUBENSAMBLE: A5 Zona de compartimientos

Subensamblable	Operación	Tiempo
A5.1	Fijación de cuadernas a casco; atornillado y sellado en juntas	45 min
A5.2	Ensamblado de piso falso, atornillado	30 min
A5.3	Montaje de paredes en guías de cuadernas y piso falso	30 min
A5.4	Revisión final	10 min
	TOTAL	115 min 1 hr 55 min

HOJA DE OPERACION DE ENSAMBLE

PRODUCTO: Vinsub

SUBENSAMBLE: A6 Sistema de flotabilidad

Subensamblable	Operación	Tiempo
A6.1	Montaje y fijación de cámaras de aire en las bandas	40 min
A6.2	Conexión de mangueras de alimentación y alivio	30 min
A6.3	Fijado de mangueras en el tablero	15 min
A6.4	Revisión final	10 min
	TOTAL	95 min 1 hr 35 min

HOJA DE OPERACION DE ENSAMBLE

PRODUCTO: Vinsub

SUBENSAMBLE: A7 Sistema de propulsión

Subensamble	Operación	Tiempo
A7.1	Montaje de caja estanca en soportes de popa	30 min
A7.2	Montaje de motor dentro de la caja. Fijación de empaque y sellos	30 min
A7.3	Atornillado y cerrado de la caja	15 min
A7.4	Conexión de propela a la flecha del motor, atornillado y fijado	30 min
A7.5	Prueba de funcionamiento en vacío	25 min
	TOTAL	130 min 2 hr 10 min

HOJA DE OPERACION DE ENSAMBLE

PRODUCTO: Vinsub

SUBENSAMBLE: A8 Sistema eléctrico

Subensamble	Operación	Tiempo
A8.1	Fijación de cajas estancas en soportes	40 min
A8.2	Montaje de baterías	30 min
A8.3	Sellado y atornillado de cajas	15 min
A8.4	Conexión de cableado	25 min
A8.5	Prueba de carga y funcionamiento	25 min
	TOTAL	135 min 2 hr 15 min

HOJA DE OPERACION DE ENSAMBLE

PRODUCTO: Vinsub

SUBENSAMBLE: A9 Tablero

Subensamblable	Operación	Tiempo
A9.1	Montaje y atornillado del tablero al casco	40 min
A9.2	Colocación de instrumentos de navegación	60 min
A9.3	Conexión de controles a terminales eléctricas	40 min
A9.4	Conexión de indicadores eléctricos	30 min
A9.5	Conexión de válvulas a mangueras del sistema de flotabilidad	20 min
A9.6	Prueba general de conexiones eléctricas y neumáticas	30 min
	TOTAL	220 min 3 hr 40 min

HOJA DE OPERACION DE ENSAMBLE

PRODUCTO: Vinsub

SUBENSAMBLE: B1 Faro de proa

Subensamblable	Operación	Tiempo
B1.1	Montaje y atornillado de bisel y foco en proa	15 min
B1.2	Prueba de encendido del foco	10 min
B1.3	Montaje y sellado de tapa frontal transparente a bisel	15 min
B1.4	Conexión a interruptores y alimentadores eléctricos	20 min
B1.5	Revisión final	10 min
	TOTAL	70 min 1 hr 10 min

HOJA DE OPERACION DE ENSAMBLE

PRODUCTO: Vinsub

SUBENSAMBLE: B2 Soporte del buzo

Subensamblable	Operación	Tiempo
B2.1	Montaje y atornillado del bastidor al casco	45 min
B2.2	Fijación y montaje de tapas abatibles	30 min
B2.3	Atornillado del bastidor al tablero	30 min
B2.4	Revisión final	10 min
	TOTAL	115 min
		1 hr 55 min

HOJA DE OPERACION DE ENSAMBLE

PRODUCTO: Vinsub

SUBENSAMBLE: B3 Tapa posterior

Subensamblable	Operación	Tiempo
B3.1	Fijación de seguros y manijas	25 min
B3.2	Montaje de la tapa a la carcasa	15 min
B3.3	Revisión final	10 min
	TOTAL	50 min

HOJA DE OPERACION DE ENSAMBLE

PRODUCTO: Vinsub

SUBENSAMBLE: B4 Cubierta transparente

Subensamblable	Operación	Tiempo
B4.1	Montaje de la cubierta en la carcasa	20 min
B4.2	Colocación de cañuela y sellador	30 min
B4.3	Revisión final	10 min
	TOTAL	60 min
		1 hr

HOJA DE OPERACION DE ENSAMBLE

PRODUCTO: Vinsub

NOMBRE: EP Ensamble principal

Subensamble	Operación	Tiempo
EP1	Montaje de carcasa superior sobre casco	30 min
EP2	Atornillado en la banda y colocado de banda protectora de hule	40 min
EP3	Revisión y prueba final	10 min
	TOTAL	80 min
		1 hr 20 min

HOJA DE OPERACION DE ENSAMBLE

PRODUCTO: Vinsub

SUBENSAMBLE: Subensamble parcial C1

Subensamble	Operación	Tiempo
C1.1	Montaje y fijación del timón de proa en la columna del tablero	30 min
C1.2	Montaje de palanca de control de estabilizadores	30 min
C1.3	Revisión de funcionamiento (giros)	15 min
	TOTAL	75 min
		1 hr 15 min

DIAGRAMA DE PROCESOS DE OPERACION

PRODUCTO: Vinsub

NOMBRE: Lay-out general

Subensamblable parcial B



Subensamblable parcial A



Ensamble principal



Revision



Subensamblable C



Prueba en estanque



Almacen

DIAGRAMA DE PROCESOS DE OPERACION

PRODUCTO: Vinsub

NOMBRE: Ensamble parcial A: CASCO

Subensamblado A1: Estabilizadores inferiores

Subensamblado A2: Estabilizadores laterales

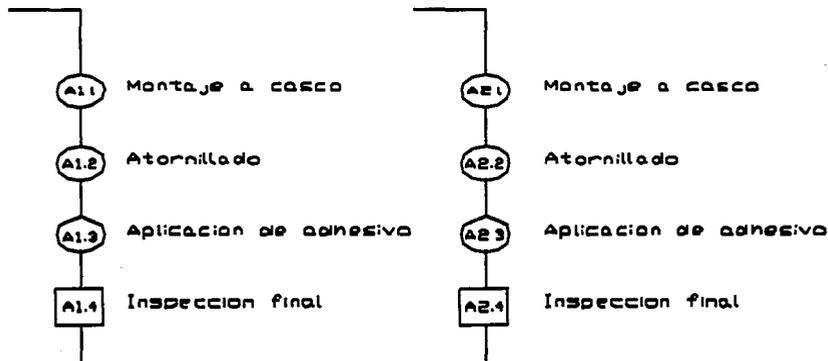
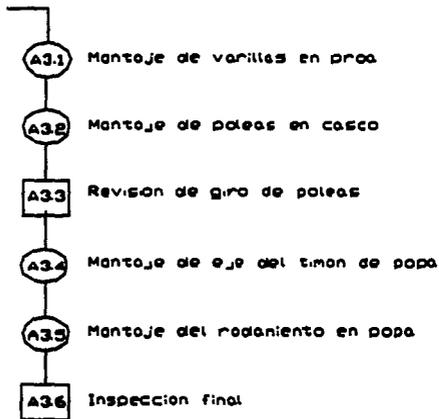


DIAGRAMA DE PROCESOS DE OPERACION

PRODUCTO: Vinsub

NOMBRE: Ensamble Parcial A: CASCO

Subensamblado A3: Poleas y Sistema de direccion



Subensamblado A4: Sistema de estabilizacion

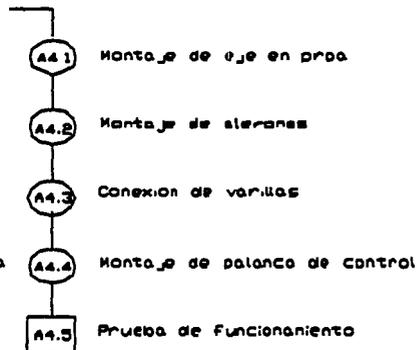


DIAGRAMA DE PROCESOS DE OPERACION

PRODUCTO: Vinsub

NOMBRE: Ensamble parcial A: CASCO

Subensamble 5. Zona
de compartimientos

Subensamble 6. Sistema
de flotabilidad

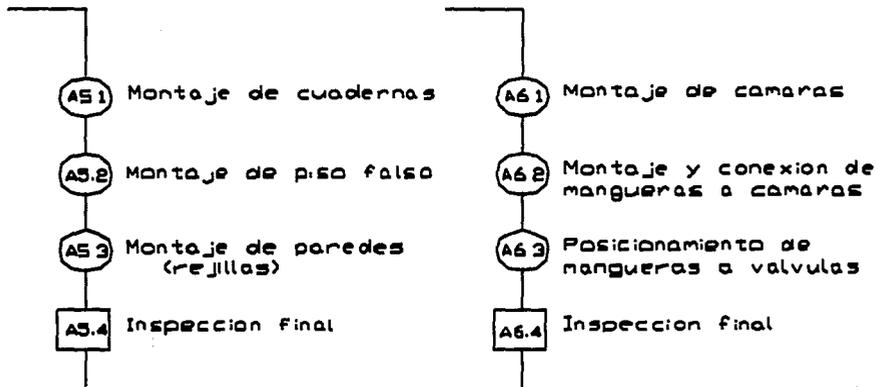


DIAGRAMA DE PROCESOS DE OPERACION

PRODUCTO: Vinsub
Subensamble A7 Sistema de
propulsion (motor y propela)

NOMBRE: Ensamble parcial A:CASCO
Subensamble AB Sistema
electrica (baterias)

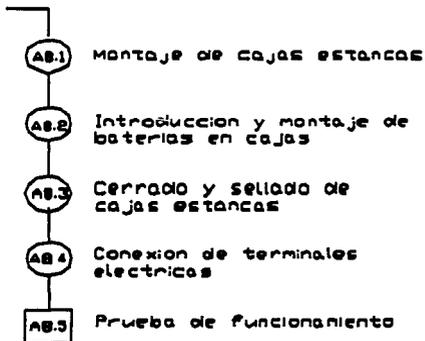
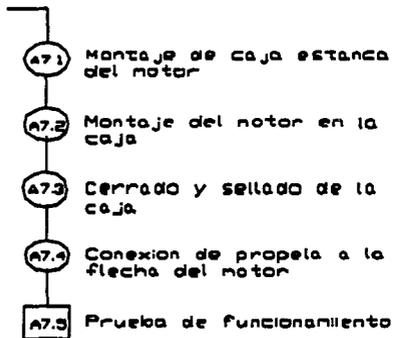


DIAGRAMA DE PROCESOS DE OPERACION

PRODUCTO: Vinsub

NOMBRE: Ensamble parcial A: CASCO

Subensamblable A9: Tablero

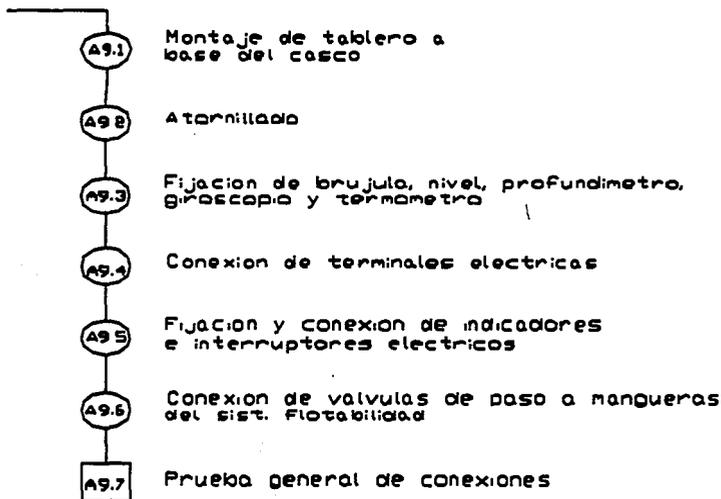


DIAGRAMA DE PROCESOS DE OPERACION

PRODUCTO: Vinsub
Subensamble B1: Faro de proa



NOMBRE: Ensamble parcial B: Carcasa superior
Subensamble B2: Soporte del buzo

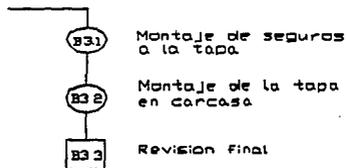


DIAGRAMA DE PROCESOS DE OPERACION

PRODUCTO: Vinsub

NOMBRE: Ensamble parcial B Carcasa superior

Subensamblable B3: Tapa posterior



Subensamblable B4: Cubierta transparente

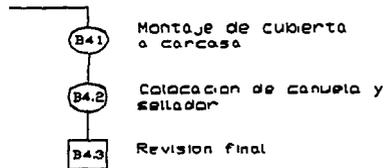


DIAGRAMA DE PROCESOS DE OPERACION

PRODUCTO: Vinsub

NOMBRE: Ensamble principal EP

Union de carcasa superior y casco

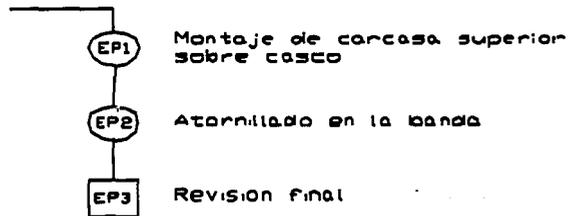
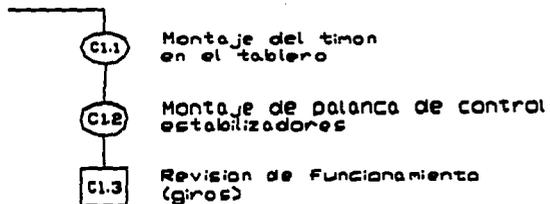


DIAGRAMA DE PROCESOS DE OPERACION

PRODUCTO: Vinsub

NOMBRE: Subensamble parcial C1



5.2 Análisis de factibilidad financiera

Este análisis obedece a una postura que debe tomarse de acuerdo a las condiciones económicas y financieras que se están dando en México. Tal se origina en las modificaciones tendientes a integrar la economía de nuestro país a las economías de mercado más desarrolladas. Por ello, aun cuando este proyecto es un trabajo escolar, el desarrollo ha considerado la mayor cantidad de condiciones y situaciones reales para un proyecto de diseño industrial, hasta donde los recursos lo han permitido. De esta manera, se plantea la posibilidad de formar una microindustria a partir de la fabricación de vehículos subacuáticos *Vinsub*. Una microindustria de ensamble, pues se concluyó, dados los volúmenes de producción, que es más conveniente formar una industria armadora que recurra a empresas maquiladoras de partes. Para otorgar más visos de posibilidad a la propuesta, se efectuó un estudio de factibilidad financiera conformado por diversos cálculos y análisis de perspectivas de ventas, costos de producción, personal, condiciones de la planta, equipo necesario y demás factores que intervienen en la formación de una industria de producción de bienes.

5.2.1 Criterios de análisis

Los criterios considerados en el estudio se generaron en el método de análisis a través del Valor Presente Neto (VPN). Este método considera una tasa apropiada de actualización que haga medibles los flujos correspondientes a distintos periodos; esta tasa se determina en función al uso alternativo que puede hacerse del dinero en otras inversiones de capital. Después se calcula el valor presente de los beneficios totales del proyecto (ganancias), a través de la tasa de actualización predeterminada. Asimismo se calcula el valor presente del total de costos que se generan durante todo el proyecto. Finalmente, al tener los resultados de los cálculos anteriores, la regla de decisión que permite evaluar sí el proyecto es factible financieramente, se basa en obtener un resultado positivo y mayor que cero; de otra manera, el proyecto requeriría de una inversión mayor a la que el inversionista estaría dispuesto a asignar.

5.2.2 Condiciones de operación del proyecto

Vida útil del proyecto: 5 años

Número de periodos: Cinco periodos anuales

Pronóstico de ventas anual: 48 unidades

Monto total de la inversión inicial: N\$ 222,905.00

El monto total de la inversión está integrado por los siguientes apartados:

1. Estudios previos. Estos consideran tanto el costo por el proyecto de diseño, como los costos de estudios de mercado y de factibilidad financiera.

2. Costo de equipo de producción y ensamble. En este renglón se engloban los costos de maquinaria, herramental y toda la infraestructura de producción necesaria para poner en marcha la planta de ensamble.

3. Costo de mobiliario y equipo de oficina. Incluye todo lo necesario para equipar la oficina y aparato administrativo de la planta.

Los montos parciales son:

Estudios previos	N\$ 60,000.00
Costo de equipo de produc. y ensamble	N\$ 124,552.00
Costo de mobiliario y equipo de oficina	N\$ 38,353.00
TOTAL	N\$ 222,905.00

Costo total de producción (para cuatro unidades mensuales):

N\$ 74,421.10

El Costo total de producción o gastos de operación se conforma por:

- 1. Costo de producción.** Incluye el total de costos de materia prima, mano de obra directa y gastos indirectos de producción.
- 2. Costo de ventas.** El costo de ventas está generado por publicidad, promotores, vendedores, viáticos etc.
- 3. Costo de administración.** Comprende sueldos a personal administrativo, gastos fijos como renta, luz agua, papelería, aseo, seguros, mantenimiento, etc.

Los montos parciales son:

Costo de producción

Costo de materia prima:	N\$ 49,196.10
Costo de mano de obra dir	N\$ 3,360.00
Gastos indirectos de producción	N\$ 3,000.00
TOTAL	N\$ 55,556.10

Costo de ventas

Publicidad mensual	N\$ 2,000.00
TOTAL	N\$ 2,000.00

Costos de administración

Sueldos	N\$ 8,960.00
Demás gastos	N\$ 7,905.00
TOTAL	N\$ 16,865.00

TOTAL 3 CONCEPTOS	N\$ 74,421.10
--------------------------	----------------------

Costo total de operación por unidad: N\$ 18,605.25

Precio de venta

El precio de venta se calculó agregando una utilidad del 40% sobre el costo total de operación y quedo en:

N\$ 26,047.40

NOTA: Las tablas desglosadas de todos los costos se encuentran al final del capítulo

5.2.3 Cálculo del Valor Presente Neto (VPN)

Ahora teniendo los costos totales y considerando una división de cinco periodos anuales y una tasa de actualización del 40% anual, se efectuó el cálculo del Valor Presente Neto (VPN). El ingreso bruto para las 48 unidades que se plantea producir anualmente es de: **N\$ 1,250,274.40**

El egreso total por periodo anual es de: **N\$ 893,053.15**

El beneficio neto anual es de: **N\$ 357,221.20**

Teniendo estas cantidades, se calcula el Flujo de Efectivo (A_t) a través de la siguiente fórmula:

$$A_t = (B_t - C_t) - (B_t - C_t - D_t)T - (I_t) + L_t$$

donde:

At = Flujo de efectivo
Bt = Ingresos brutos
Ct = Egresos excluyendo depreciación y costo financiero
Dt = Depreciación
T = Tasa de impuestos
It = Inversión realizada
Lt = Valor residual

Substituyendo con los valores para el *Vinsub* se tiene:

$$At = (\$ 1,250,274.40 - \$ 893,053.15) - (\$ 1,250,274.40 - \$ 893,053.15 - \$ 44,581.00) 0.30 \\ - (\$ 222,905.00) + (\$ 66,871.50)$$

$$At = (\$ 357,221.20) - (\$ 93,792.70) - (\$ 222,905.00) + (\$ 66,871.50)$$

$$\mathbf{At = \$ 107,395.65}$$

La fórmula para el cálculo del VPN es la siguiente:

$$VPN = \frac{E^n A^t}{(1+K)^t}$$

Hay que aclarar que al último periodo deberá sumarse el monto de Valor Residual, correspondiente a la venta de maquinaria y equipo de la inversión inicial. El monto se consideró como un 30% del valor actual.

Así, substituyendo para cada periodo de cinco años se tiene:

$$\text{VPN} = -\text{N\$ } 222,905.00 + \frac{\text{N\$ } 107,395.65}{(1+40)^1} + \frac{\text{N\$ } 107,395.65}{(1+40)^2} + \frac{\text{N\$ } 107,395.65}{(1+40)^3} + \frac{\text{N\$ } 107,395.65}{(1+40)^4} + \frac{(\text{N\$ } 107,395.65 + \text{N\$ } 66,871.50)}{(1+40)^5}$$

$$\text{VPN} = -\text{N\$ } 222,905.00 + \text{N\$ } 76,711.20 + \text{N\$ } 54,793.70 + \text{N\$ } 39,138.35 + \text{N\$ } 27,955.95 + \text{N\$ } 32,402.50$$

$$\text{VPN} = \text{N\$ } 8,096.70$$

Con el resultado anterior se concluye que el proyecto *Vinsub* es factible desde el punto de vista financiero, pues existe un Valor Presente Neto positivo.

COSTO DE MATERIALES Y PARTES DE ENSAMBLE

Nota: costos expresados en nuevos pesos

MATERIAL	COSTO UNITARIO N\$	CANTIDAD	COSTO TOTAL N\$
Casco	908.35	4	3633.40
Cubierta superior	402.40	4	1609.60
Soporte	120.15	4	480.60
Estabilizador lateral	96.90.	8	775.20
Estabilizador auxiliar	50.20	8	401.60
Estabilizador inferior	78.40	8	627.20
Tablero	51.65	4	206.60
Motor	765.45	4	3,061.80
Batería	173.25	8	1,386.00
Caja estanca motor	106.00	4	424.00
Caja estanca batería	78.00	4	312.00
Timón de proa	233.95	4	935.80
Timón de popa	57.25	4	229.00
Sist. cables y varillas de dirección	214.00	4	856.00
Sist. cables y varillas de estabilizadores	286.50	4	1,146.00
Depósito flotación	246.80	8	1,974.40
Manguera	120.00	16	1,920.00
Válvulas (juego)	275.00	4	1,100.00
Tanque aire	1,850.00	4	7,400.00
Paneles divisores	17.90	24	429.60
Cuadernas	75.30	12	903.60
Cubierta frontal transp.	540.00	4	2,160.00
Propela	283.50	4	1,134.00
Ejes propela	44.80	4	179.20
Engranajes (juego)	302.10	4	1,208.40

MATERIAL	COSTO UNITARIO N\$	CANTIDAD	COSTO TOTAL N\$
Grampín	177.20	4	708.80
Faro frontal	318.45	4	1,273.80
Profundímetro	450.00	4	1,800.00
Manómetro	420.00	4	1,680.00
Giroscopio	396.00	4	1,584.00
Brújula	214.00	4	856.00
Cableado eléctrico (juego)	301.70	4	1,206.80
Interruptores	198.00	4	792.00
Cabos	220.00	4	880.00
Tornillos y remaches (lote)	300.00	4	1,200.00
Primer nitrocelulosa	280.00	4	1,120.00
Laca nitrocelulosa	400.00	4	1,600.00
TOTAL			49,195.40

COSTO DE EQUIPO DE PRODUCCION Y ENSAMBLE

Nota: Costos expresados en Nuevos pesos

DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO N\$	COSTO TOTAL N\$
Torno revolver	1	31,108.00	31,108.00
Fresadora vertical	1	28,657.00	28,657.00
Sist. pintura aspersion	1	7,327.00	7,327.00
Polipasto y cadenas	2	4,650.00	9,300.00
Lijadora portátil	1	1,000.00	1,000.00
Sierra radial	1	3,800.00	3,800.00
Taladro portátil	2	680.00	1,360.00
Lote de herramientas	2	2,500.00	5,000.00
Mesas de trabajo	4	3,000.00	12,000.00
Varios de producción		25,000.00	25,000.00
TOTAL			124,552.00

COSTO DE MOBILIARIO Y EQUIPO DE OFICINA

Nota: Costos expresados en Nuevos pesos

DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO N\$	COSTO TOTAL N\$
Escritorio ejecutivo	1	4,700.00	4,700.00
Escritorio secretarial	2	2,450.00	4,900.00
Silla ejecutiva	1	1,790.00	1,790.00
Silla secretarial	2	927.00	1,854.00
Silla visit.	3	728.00	2,184.00
Archivero	2	634.00	1,268.00
Credenza	1	1,417.00	1,417.00
Equipo cómputo	1	13,000.00	13,000.00
Conmutador y fax	1	3,640.00	3,640.00
Extensión telefónica	3	237.00	711.00
Casillero	4	250.00	1,000.00
Mesa auxiliar	2	340.00	680.00
Librero	1	1,209.00	1,209.00
TOTAL			38,353.00

GASTOS DE ADMINISTRACION

GASTOS FIJOS

Nota: costos expresados en Nuevos pesos

CONCEPTO	COSTO TOTAL MENSUAL N\$
Renta nave	5,500.00
Energía elec., agua	700.00
Teléfono	550.00
Seguros	255.00
Mantenimiento y varios	500.00
TOTAL	7,905.00

GASTOS DE VENTAS

CONCEPTO	COSTO TOTAL MENSUAL N\$
PUBLICIDAD	2,000.00



Conclusiones



CONCLUSIONES

El desarrollo del proyecto *Vinsub*: Vehículo subacuático para recolección de muestras y toma de datos, representó la integración de una enorme cantidad de información para dar una respuesta de diseño industrial a una necesidad manifiesta en el terreno de la investigación científica. La conjunción de requerimientos funcionales para las tareas de guardado y transporte de objetos fue el punto de partida que permitió desarrollar el proyecto en otras ramas de la ciencia y tecnología, como la hidrodinámica y el medio ambiente.

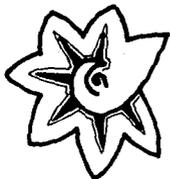
Las características finales del *Vinsub* en los aspectos ergonómicos satisfacen los requerimientos de función y comodidad adecuados para el usuario, tanto en la relación de éste con el producto, como del producto con el entorno.

En este último punto, el factor que determina tal afirmación, es el desarrollo del vehículo basándose en las condiciones establecidas por la hidrodinámica. Esta etapa en el proyecto, requirió la realización de un modelo de experimentación en condiciones especiales, equiparables a las de industrias tan desarrolladas como la automovilística o la aeronáutica. Este modelo incluyó la prueba de comportamiento del vehículo en movimiento dentro de un fluido, simulando condiciones similares a las de un ambiente hidrodinámico. El resultado obtenido permite anticipar que el vehículo no presentará problemas durante la navegación.

Para las tareas específicas asignadas al *Vinsub*, se diseñó un sistema de compartimientos totalmente accesibles y de fácil manejo que no agrega dificultades al desempeño de los buzos y que constituye un eficaz auxiliar en sus inmersiones.

Los materiales y procesos de fabricación seleccionados para el *Vinsub*, cumplen también con las expectativas. Son acordes para el vehículo diseñado y accesibles para la industria nacional, tanto en costo como en tecnologías. El análisis de factibilidad financiera presenta un panorama prometedor, aunque discreto, en el caso de llevar a la realidad la fabricación de vehículos a través de una microempresa.

Finalmente, el *Vinsub* cumple con sus objetivos particulares y con los objetivos planteados de acuerdo a un proyecto de tesis, abordado como un caso real donde se observaron la mayoría de situaciones inherentes a un objeto de diseño industrial, para responder a las condiciones reales que originaron su desarrollo. A nivel de proyecto de diseño planteado como un modelo teórico experimental, el trabajo ha concluido. Corresponde a la fase de elaboración de prototipo y fabricación en serie demostrar la eficacia o ineficacia del vehículo en el mundo real de los objetos.



Bibliografía

BIBLIOGRAFIA

Busby, Frank.

Manned submersibles.

Washington, Office of the Oceanographer
of the NAVY, 1976. 800 pp

Candelaria Silva, Carlos.

El buceo científico en la UNAM

México, Facultad de Ciencias UNAM, 1990

Damon, Stoudt and Mc Farland.

The human body in equipment design.

New York, Dover, 1979. 347 pp

Dorflès, Gillo.

El diseño industrial y su estética.

Barcelona, Labor, 1977. 145 pp

Flemming, N.C. and Max, M.D.
Scientific diving: a general code of practice.
UNESCO, 1990. 254 pp

Fox, R.W., Mc Donald, A.T.
Introducción a la mecánica de fluidos.
México, Mc Graw-Hill, 1990. 750 pp

Hancock and Miller.
Task performance underwater.
Applied ergonomics, junio 1986.

Knipe, Tim.
Riding beneath the waves
SCUBA Times, vol.12 # 3, May June 1991.

Mc Cormick, Ernst.
Antropometría para diseñadores.
Barcelona, Gustavo Gili, 1979. 179 pp

Myers, John J. et al.
Handbook of ocean and underwater engineering.
Mc Graw Hill, 1969.

Parrilla, Felipe.
Resinas poliéster, plásticos reforzados.
México, La Ilustración, 1989. 12a edición. 242 pp

Pazos, Baltasar.
Técnicas de buceo deportivo.
México, Diana, 1978. 212pp

Rosado Matos, Jena.
Buceo Científico Apuntes.
México, Facultad de Ciencias UNAM, 1991

Schärer S., Ulrich et al.
Ingeniería de manufactura.
México, CECSA, 1984. 735 pp

Tippens, Paul E.

Física: conceptos y aplicaciones

México, Mc Graw-Hill, 1987. 934 pp

Von Karman, Theodore.

Collected works of Theodore Von Karman.

London, Butterwords scientific, 1956. 283 pp