



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE ACONDICIONAMIENTO DEL ROV
LYNX 1117 PARA LA TOMA DE MUESTRAS
REQUERIDAS POR EL ICMYL**

T E S I S

Que para obtener el título de

INGENIERO MECATRÓNICO

P R E S E N T A:

JORGE DANIEL HERNÁNDEZ MUÑOZ

DIRECTOR DE TESIS:

M. EN C. ARTURO RONQUILLO ARVIZU



MÉXICO D.F.

JUNIO 2013

Agradecimientos

A mi familia

A mis padres Teresa y Avelino, por ustedes soy lo que soy y seré.

A mi papa por su confianza y ejemplo.

A mi hermana Lillian Pamela y mis hermanos Luis y Hugo, por sus ejemplos y motivación.

A mis primos, pero como si fueran mis hermanos Memo, Jesús, Diego y Loy junto con mi tía Hortencia, por su fuerza y por lo mucho que me han enseñado.

A mis amigos

Jesús

Jorge

Omar

Miguel L. y

Miguel E.

Por su amistad, por los buenos y malos momentos. Por ayudarme a crecer.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por inculcarme sus valores y mi educación.

A la Honorable Facultad de Ingeniería por darme sentido ingeniero mexicano.

A mis profesores, a todos y cada uno por el conocimiento que ahora poseo.

A mis sinodales

Ing. Gabriel Jaramillo Morales.

Dr. Leopoldo A. González González.

M. I. Luis Arturo Haro Ruiz.

M.I. Billy A. Flores Medero Navarro.

Por su asesoría, consejos y por ser mis profesores.

A el M. en C. Arturo Ronquillo A. por su apoyo como director de tesis y amigo.

A Dios.

Gracias

Jorge Daniel Hernández Muñoz

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi mamá.

*Por cada mañana difícil, por cada día duro, por cada
esfuerzo, por cada ahorro, por cada desvelo. Por el tiempo
perdido pero aún más por el aprovechado. Por tus abrazos
sustanciosos.*

Por ser una madre ejemplar.

ÍNDICE	1
1.1 ÍNDICE DE FIGURAS	4
1.2 ÍNDICE DE TABLAS.....	5
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 ANTECEDENTES	6
1.2 JUSTIFICACIÓN.	7
1.3 SITUACIÓN	8
1.4 PROBLEMÁTICA	8
1.5 OBJETIVO	9
1.6 ALCANCES.....	9
1.7 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO POR CAPÍTULOS	10
CAPÍTULO 2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	12
2.1 PROCESO DE ENTREVISTA.....	12
2.2 CUESTIONARIO.	12
2.3 RESULTADOS Y REQUERIMIENTOS.....	18
2.4 GENERALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS	19
CAPÍTULO 3. ESTADO DEL ARTE	20
3.1 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN.....	20
3.1.1 Localización y recolecta sobre la línea de marea (zona intermareal).	20
3.1.2 Localización y recolecta por medio de buceo a pulmón -Snorkeling- (0 a 3 m.s de prof).	20
3.1.3 Localización y recolecta, diurna y nocturna, por medio de buceo autónomo -SCUBA- (3 a 30 m.).	21
3.1.4 Recolección por medio de dragas de arrastre en fondos blandos (zona: más de 30 metros).....	21
3.2 TOMA DE MUESTRA DE SEDIMENTOS	21
3.2.1 Definición de terminología.....	21
3.2.2 Tipos de extractores	22
3.2.2.a Instrumentos tipo “recogedor”	23
3.2.2.b Instrumentos tipo “cilindro”	23
3.3 PATINES DE HERRAMIENTA	25
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS ELECTRÓNICO Y DE CONTROL DEL ROV LYNX 1117	26
4.1 ELECTRÓNICA	27
4.2 ENTRADA DEL SISTEMA	27
4.3 CONEXIÓN	30
4.4 SALIDA	32
4.5 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	34
4.6 ANÁLISIS ELÉCTRICO Y DE CONTROL PARA EL USO DEL SISTEMA DE MUESTREO (RESUMEN)	35
CAPÍTULO 5. DISEÑO DE LA BASE MODULAR	36
5.1 CONDICIONES INICIALES DE MUESTREO Y ROV	36
5.1.1 Condiciones de muestreo	36
5.1.2 Posición de toma de muestra.....	36
5.2 DEFINICIÓN BASE MODULAR.....	36
5.3 ELECCIÓN DE MATERIAL	37

5.4	ANÁLISIS ESTRUCTURAL	38
5.4.1	Estructura del ROV.....	38
5.4.2	Estructura de la base patrón.....	40
5.4.3	Selección estructura interna de la base	43
5.4.4	Estructura propuesta. Ángulo de apertura y soporte central	45
5.5	ANÁLISIS DE VOLUMEN Y PESO	48
5.6	SUJECCIÓN DE ESTRUCTURAS	50
5.7	ANÁLISIS DEL ESLABÓN.....	55
5.8	DISTRIBUCIÓN DEL ESPACIO DE TRABAJO.....	56
5.9	FORMA DE LA BASE.....	58
5.10	DISPOSICIÓN PROPUESTA DE LOS ELEMENTOS DENTRO DE LA BASE DEL ROV	58
5.11	DIBUJO ASISTIDO POR COMPUTADORA (CAD)	59
5.12	DISEÑO DE LA BASE MODULAR (RESUMEN)	60
CAPÍTULO 6. EJEMPLO DE DISEÑO DE MÓDULO DE MUESTREO.		62
6.1	DISEÑO CONCEPTUAL DEL MUESTREADOR DE SEDIMENTOS Y ROCAS DE HASTA 10 [CM] DE DIÁMETRO.	62
6.1.1	De necesidades a especificaciones.....	62
6.1.2	Árbol de objetivos.....	63
6.1.3	Matriz QFD	64
6.1.4	Diseño conceptual general.....	66
6.1.4.a	Modelación en caja negra	66
6.1.4.b	Descomposición en funciones	66
6.1.5	Diseño conceptual del módulo de muestreo de sedimentos y rocas	67
6.1.5.a	Concepción de ideas para “Tomar”	69
6.1.5.b	Concepción de ideas para “Reservar”	72
6.1.5.c	Matriz morfológica	72
6.1.5.d	Análisis y selección y evaluación.....	72
6.1.5.e	Resultados de la Matriz QFD por etapa de Diseño	74
6.2	INTERFAZ	77
6.2.1	Diseño de interfaz de entrada.....	77
6.2.2	Diagrama de flujo	78
6.2.3	Panel Frontal.....	79
6.2.4	Diagrama de bloques.....	81
6.2.5	Configuración del puerto inicial.....	83
6.2.6	Envío de datos.....	83
6.2.7	Lectura de datos	84
6.2.8	Diseño del control de salida.....	85
6.2.9	Programación del microcontrolador.....	86
6.2.10	Diagrama de flujo	87
6.2.11	Código del programa.....	88
6.3	SIMULACIÓN VIRTUAL.....	91
6.4	EJEMPLO DE DISEÑO DE APLICACIÓN PARA USO DEL ROV (RESUMEN)	94
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES		96
7.1	LEVANTAMIENTO.....	96
7.2	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	96
7.3	ESTADO DEL ARTE.....	97
7.4	ANÁLISIS ELÉCTRICO Y DE CONTROL PARA EL USO DEL SISTEMA DE MUESTREO	97
7.5	DISEÑO DE UNA BASE MODULAR	97
7.5.1	Análisis estructural	98

7.5.2	Modularidad de la base.....	99
7.6	EJEMPLO DE APLICACIÓN DE DISEÑO PARA USO DEL ROV.....	100
7.7	CONCLUSIONES GENERALES.....	101
CAPÍTULO 8. RECOMENDACIONES Y CONSIDERACIONES PARA UN TRABAJO FUTURO.....		102
8.1	ANÁLISIS ELÉCTRICO Y DE CONTROL PARA EL USO DEL SISTEMA DE MUESTREO.....	102
8.1.1	Circuito adaptador de protocolos.....	102
8.2	DISEÑO DE UNA BASE MODULAR.....	103
8.2.1	Recomendaciones al momento de tomar la muestra.....	103
8.2.2	Posibles modificaciones.....	103
8.3	EJEMPLO DE APLICACIÓN DE DISEÑO PARA USO DEL ROV.....	104
8.3.1	Diseño conceptual para el módulo de extracción de sedimentos y rocas de 10 [cm] de diámetro.....	104
8.4	DISEÑO DE UNA INTERFAZ USUARIO – ROV Y SIMULACIÓN VIRTUAL DEL CONTROL DE LOS ACTUADORES. .	105
CAPÍTULO 9. ANEXOS.....		106
ANEXO 1	SISTEMA ESTANDAR LYNX.....	106
ANEXO 2	PRINCIPALES COMPONENTES DEL SISTEMA Y SUS CARACTERÍSTICAS.....	107
ANEXO 3	CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO.....	108
ANEXO 4	ALIMENTACIÓN Y DIAGRAMAS ELECTRÓNICOS.....	108
ANEXO 5	HÉLICES.....	112
ANEXO 6	SEAEYE CAM04N CÁMARA A COLOR.....	112
ANEXO 7	FUNCIONES DE AUXILIARES.....	112
ANEXO 8	MICROCONTROLADOR PIC 16F887.....	113
ANEXO 9	CREAX CREATIVITY FOR INNOVATION.....	114
ANEXO 10	CARACTERÍSTICAS POLIPROPILENO.....	114
ANEXO 11	CARACTERÍSTICAS POLIETILENO.....	115
ANEXO 12	PROPIEDADES ACERO INOXIDABLE.....	116
ANEXO 13	PLANOS BASE MÓDULAR.....	118
CAPÍTULO 10. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.....		120

Índice de Figuras

Fig. 1.1	Buque “el Puma”	6
Fig. 2.1	Porcentajes de interés en magnitudes físicas de los investigadores	18
Fig. 2.2	Generalización de resultados	19
Fig. 3.1	Localización y recolecta por medio de buceo a pulmón -Snorkeling- (zona: de 0 a 3 metros de profundidad)	21
Fig. 3.2	Recolección por medio de dragas de arrastre en fondos blandos (zona: más de 30 metros)	21
Fig. 3.3	Nucleador de caja	22
Fig.3.4	Muestra “perturbada” obtenida con un recogedor tipo “cuchara”	22
Fig.3.5	Muestra “no perturbada” obtenida con un recogedor de tipo “cilindro”	24
Fig.3.6	Se muestran los patines de herramienta a la venta para el Lynx 1117	25
Fig.4.1	Sistema Lynx 1117	26
Fig.4.2	Sistema Lynx 1117 y sus protocolos de comunicación	26
Fig. 4.3	Unidad de Control Manual (HCU)	27
Fig. 4.4	Unidad de Superficie 10PDU.Vista Frontal	27
Fig. 4.5	Unidad de Superficie 10PDU.Vista Trasera	28
Fig. 4.6	Conexiones internas hacia el cordón umbilical o SKT1	29
Fig. 4.7	Conector SKT1	29
Fig. 4.8	Conexiones de salida del EPOD del ROV	30
Fig. 4.9	Conexiones de salida del EPOD del ROV	32
Fig. 4.10	Conectores afuera del EPOD. En la parte superior se encuentra la entrada de los conectores U1 y U2 y en la parte central los correspondientes a los AUX 1 y 2	33
Fig. 4.11	Fotografía del POD dentro del ROV Lynx	33
Fig. 4.12	Sistema de Control de Lazo Cerrado	34
Fig. 5.1	TMS (Tether Management System)	37
Fig. 5.2	ROV dentro del TMS	37
Fig. 5.3	ROV dentro del TMS extendido	37
Fig. 5.4	ROV dentro de su TMS y base con brazo robótico (fuera del alcance de este trabajo)	37
Fig. 5.5	Ejemplo de armadura, Estática, Hibbeler	39
Fig. 5.6	Isométrico de la estructura del ROV	39
Fig. 5.7	Fuerzas en la estructura del ROV	39
Fig. 5.8	Fuerza distribuida generada de la estructura del ROV	40
Fig. 5.9	Opciones de estructuras interna	40
Fig. 5.10	Método de las secciones en la base patrón	41
Fig.5.11	Sección transversal de la estructura	43
Fig. 5.12	Diagrama cuerpo libre ROV y base patrón	44
Fig. 5.13	Método de las secciones en la base propuesta segundo caso	45
Fig. 5.14	Método de las secciones en la base propuesta tercer caso	46
Fig. 5.15	Estructura caso simétrico	48
Fig. 5.16	Estructura caso extendido	48
Fig. 5.17	Estructura base patrón	48
Fig. 5.18	Estructura caso 2	49
Fig. 5.19	Unión de estructuras ROV y base	51
Fig. 5.20	Unión de estructuras y con 3 eslabones con pernos	51
Fig. 5.21	Unión de estructuras y con 2 eslabones con pernos	51
Fig. 5.22	Fuerzas en tensión actuando en la estructura unida	52
Fig. 5.23	Diagrama de cuerpo libre de la estructura del ROV con los eslabones	52
Fig. 5.24	Acción de la fuerza en el eslabón	53
Fig. 5.25	Vista lateral ejemplo de tornillos de acero inox.304 allen cabeza cilíndrica y colocación de los tornillos	55
Fig. 5. 26	Medidas eslabón	55
Fig. 5. 27	Posición habitual de la cámara de video	56
Fig. 5. 28	Rango de visión de la cámara hacia la parte baja	56
Fig. 5. 29	Rango de visión hacia la parte baja	57
Fig. 5.30	Forma de la base	58
Fig. 5.31	Uso sugerido de las áreas de la base	59
Fig. 5.32	Imágenes creadas con el Software de CAD Solid Edge ST. Los planos se encuentran en el Anexo 13	59
Fig. 6.1	Árbol de objetivos	63
Fig. 6.2	Caja negra	66
Fig. 6.2	Descomposición en funciones	66
Fig. 6.3	Panel frontal	79
Fig. 6.4	Control de la configuración de comunicación	79
Fig. 6.5	Controles para escribir y leer los datos, “STOP” del programa	79
Fig. 6.6	Controles para las señales y habilitación de la comunicación	80
Fig. 6.7	Indicadores de comunicación y del estado de la Pinza	80

Fig.6.8	Diagrama de bloques	81
Fig. 6.9	Configuración del puerto serial.....	83
Fig. 6.10	Envío de datos (a)	83
Fig. 6.11	Lectura de datos.....	84
Fig. 6.12	Diseño del control de salida	85
Fig. 6.13	Interfaz y el microcontrolador propuesto dentro del Sistema Lynx y simulación virtual.....	91
Fig. 6.14	<i>Virtual Serial Port Driver</i> funcionando y configurado.	91
Fig. 6.15	Electrónica propuesta para el manejo de dos actuadores	92
Fig. 6.16	Interfaz de entrada y el microcontrolador 16f887 funcionando al mismo tiempo	93
Fig.7.1	Mejores estructuras propuestas.	98
Fig. 7.2	Render del ensamble de la base modular.....	100
Fig. 8.1	Circuito adaptador de protocolos	103
Fig.8.2	Algunos ejemplos comerciales de diferentes características	103
Fig. 9.1	Sistema Estándar Lynx.....	106
Fig. 9.2	ROV Lynx 1117.....	108
Fig. 9.3	Tarjeta 6051AP PSU de alimentación	110
Fig. 9.4	Alimentación de los auxiliares.....	111
Fig. 9.5	Hélice.....	112
Fig. 9.6	Cámara CAM04N.....	112
Fig. 9.7	Tipos de conectores	113

Índice de Tablas

Tabla 1.1	Sistemas dentro del ROV	8
Tabla 2.1	Resultados del Cuestionario Por Línea de Investigación	15
Tabla 2.2	Resultados del Cuestionario Por línea de investigación Magnitudes Físicas	17
Tabla 3.1	Granulometría	24
Tabla 5.1	Matriz de selección de material	38
Tabla 5.2	Esfuerzos a tensión y compresión del polipropileno	42
Tabla 5.3	Matriz de decisión de la estructura interna de la base.....	44
Tabla 5.4	Resultados de análisis de casos propuestos y base patrón.....	47
Tabla 5.5	Resultados de análisis de opción elegida, caso dos	47
Tabla 5.6	Ventajas y desventajas base móvil y fija	57
Tabla 6.1	Matriz QFD para obtener los requerimientos de diseño	65
Tabla 6.2	Evaluación de métodos de selección.....	68
Tabla 6.3	Matriz de decisión de opciones para “Excavar”	69
Tabla 6.4	Opciones de solución para “tomar”	70
Tabla 6.5	Evaluación de métodos para la función “preservar”.....	71
Tabla 6.6	Matriz morfológica	73
Tabla 6.7	Resultados de la Matriz QFD por etapa de Diseño.....	74
Tabla 6.8	Análisis, selección y evaluación de conceptos de acuerdo a la robustez para obtener la muestra numero 1.....	75
Tabla 6.9	Análisis, selección y evaluación de conceptos de acuerdo a la robustez para obtener la muestra numero 2	76
Tabla 6.10	Botones y carácter enviado	84
Tabla 6.11	Diagrama Lógico.....	86
Tabla 9.1	Principales componentes del Sistema y sus características	107
Tabla 9.2	Características del Vehículo.....	108
Tabla 9.3	Especificaciones de la cámara CAM04N	112
Tabla 9.4	Características Polipropileno	114
Tabla 9.5	Características Polietileno	115
Tabla 9.6	Esfuerzos últimos de Polipropileno y polietileno.....	115
Tabla 9.7	Esfuerzos últimos de aceros inoxidables	116

CAPÍTULO 1. Introducción

1.1 Antecedentes

Del sitio oficial del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL) fue extraído el siguiente texto el cual habla del equipo conferido a los buques oceanográficos, y en específico a “El Puma”. Aquí se muestra la importancia que se le da a la investigación de las aguas del territorio mexicano al renovar y modernizar los equipos a bordo de los buques oceanográficos.

Programa de Modernización del Equipo Oceanográfico del B/O El Puma [1][2]



Fig. 1.1 Buque “el Puma”

La Universidad Nacional Autónoma de México, en un esfuerzo sin precedentes en la historia del buque, llevó a cabo el Programa de Modernización del Equipo Oceanográfico del B/O “El Puma” para dotarlo de instrumentación moderna y de tecnología de punta que le permite desarrollar investigación oceanográfica de frontera y ampliar sustancialmente la generación de conocimiento de la riqueza actual y potencial de los mares mexicanos.

Con este programa se adquirió equipo de alta tecnología específico para la navegación precisa y segura del buque e instrumentos científicos para el estudio integral de las características y funcionamiento del ecosistema marino. Los equipos científicos sirven para la medición y registro del estado y procesos que ocurren en la columna de agua desde la superficie hasta el fondo oceánico tanto de las características físicas y químicas como de los procesos de la vida del mar.

La variedad de equipos científicos y de navegación instalados en el B/O El Puma permite cumplir ampliamente las principales características y recursos del ecosistema marino. Con esta renovación de equipos, el B/O El Puma a sus 30 años de construcción, revitaliza con creces su capacidad para la investigación multi e interdisciplinaria de los mares mexicanos y abre nuevas y prometedoras expectativas en la oceanografía del país.

Este equipamiento inédito le confiere una capacidad de investigación oceanográfica que sitúa a el B/O El Puma entre los primeros cinco buques oceanográficos mejor equipados en el mundo.

1.2 Justificación

Es bien sabido que la UNAM tiene una cantidad de recursos que debe distribuir en diversas actividades e Instituciones, donde se hace un gran esfuerzo en mantener a la educación e investigación con los instrumentos y equipos de la mejor calidad y con tecnología de punta. Un ejemplo claro es el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMYL). Esta institución lleva a cabo investigación de diversa índole por medio de campañas oceanográficas en beneficio del conocimiento marítimo mexicano, que en ocasiones va más allá de nuestras fronteras. Es importante resaltar que esto no sería posible sin la ayuda de los buques “Justo Sierra” y “El PUMA”, los cuales sin embargo, casi en su totalidad de *costosa* tecnología extranjera. El trabajo que se lleva a cabo principalmente es dentro del mar en aguas profundas y cuanto más profundo más peligroso para las personas, pero siempre se encuentran soluciones para satisfacer esa necesidad continua de conocer el mar, una de esas son los Vehículos Operados Remotamente (ROV's). El ROV Lynx perteneciente al ICMYL se obtuvo hace algunos años con la idea de mejorar la observación marítima, ahora, luego de este tiempo es necesario y posible ir más allá y llegar a la exploración marítima (observación y toma de muestras) crucial para el instituto; explotar todas las capacidades de éste y todos los dispositivos que se tienen llegando a los lugares normalmente inaccesibles para el hombre en un ambiente no natural, pero con tecnología propia.

Si bien existen algunas asociaciones y compañías mexicanas especializadas en ingeniería Marítima y Portuaria, el desarrollo de ingeniería con aplicaciones marítimas es escasa en el país. Además, adquirir accesorios para los equipos no es sencillo ni inmediato, entre otras cosas, debido a diversas dificultades que pudiesen presentarse en la *importación* y al alto precio de venta, que junto con las complicaciones inherentes a las que se enfrentan las personas que no participaron en el desarrollo de estos productos importados hacen difícil darles un óptimo mantenimiento y/o una modificación en un caso específico.

Aunque no es fácil, es necesario dejar de ser dependientes de otras naciones y comenzar a obtener una *autonomía tecnológica*, sobre todo en este enorme nicho. Pero esto no solo podría traer el desarrollo de ingenieros mexicanos dándoles una oportunidad de trabajar en México antes de pensar en otros países, sino se obtendrían diferentes fuentes de empleos y con esto una muy posible mejora a la economía nacional. Esto debe darse paso a paso, con el tiempo y recursos necesarios y sobre todo sin quitar el dedo del renglón.

Este trabajo no trata de ser el parte aguas en este tema, sino su intención es continuar con lo que se ha desarrollado en la materia y sobre todo demostrar la comprensión de la tecnología extranjera para así desarrollar y adaptar a una propia con costos más bajos que beneficie directa o indirectamente a la sociedad mexicana, a la comunidad universitaria tanto en la educación como en la investigación y a la ingeniería marítima más específicamente. Demostrando que la responsabilidad social de la formación humanista que nos ha otorgado la *Universidad Nacional Autónoma De México* a través de la Honorable *Facultad de Ingeniería* es una realidad y nos da sentido a nuestros actos como ingenieros, tal y como nos dice la Misión de la Facultad.[28]

1.3 Situación

Uno de los equipos con los que fueron renovados los buques oceanográficos es el ROV (Remotely Operated Vehicle) Lynx System 1117, único vehículo en su clase propiedad de la UNAM capaz de acercarse a los ecosistemas marinos profundos de difícil acceso para el hombre. Durante su reparación y estudio se encontraron diversos sistemas, cada uno es susceptible de mejorarse o implementarse, en el caso que no existiesen, y con esto obteniendo versatilidad con un mejor desempeño y características.

SISTEMAS ENCONTRADOS EN EL ROV	
Implementación	Mejora
Lastre móvil	Visión
Rescate	Movimiento de Hélices
Desenganche	Iluminación
Diferencia de Presiones	Comunicación
Recolector de muestras	Mantenimiento
	Manipulador

Tabla 1.1 Sistemas dentro del ROV

Todos y cada uno tienen sus características que los hacen más o menos importantes dependiendo del objetivo final: investigación de las aguas nacionales.

Dentro de estos sistemas se cuenta con equipo específico para la exploración marítima, el cual, sin embargo, no se emplea al cien por ciento ya que solo se usa el ROV para la observación marítima. Por ejemplo, el dispositivo con el que cuenta llamado *Grip-stick - manipulator* no es usado por la difícil manipulación de muestras específicas, tiempo de colocación, entre otras cosas.

1.4 Problemática

Hay varias opciones para elegir en el ROV, sin embargo, solo se trabajara un sistema. Y debido a los antecedentes, la situación y sobre todo los objetivos del ICMYL, toma mayor importancia *el Sistema Recolector de Muestras* con mayor área de oportunidad y aplicación útil.

Aquí se observa el problema del Sistema:

El ROV Lynx System 1117 carece de un dispositivo/ mecanismo específico para la toma de muestras requeridas por el ICMYL.

Lo que nos lleva hacia el **objetivo principal** para el vehículo:

Diseño, desarrollo e implementación de un sistema de muestreo dentro del ROV (1)

Sin embargo, este planteamiento es muy general y con gran alcance para la realización de un sistema que no existe. Entonces, como resultado del análisis de una investigación previa de los requerimientos del Instituto y de las características del ROV, mostradas en los capítulos 2 y 4, se llegó al siguiente planteamiento para este trabajo de tesis.

1.5 Objetivo

Propuesta de acondicionamiento del ROV Lynx 1117 para la toma de muestras requeridas del ICMYL

Y esto se logrará alcanzando los objetivos secundarios:

- **Análisis eléctrico y de control para el uso del sistema de muestreo.**
- **Diseño de una base modular.**
- **Ejemplo de aplicación de diseño para uso del ROV.**
 - **Diseño conceptual para el módulo de extracción de sedimentos y rocas de 10 cm de diámetro.**
 - **Diseño de una interfaz usuario – ROV.**
 - **Simulación virtual del control de los actuadores.**

No obstante, esta es la primera iteración de diseño, con lo cual se deben plantear metas que dejen ver la capacidad y/o factibilidad del proyecto a corto plazo antes de tomar la decisión de continuar con las siguientes iteraciones y etapas del proyecto de los diferentes diseños para alcanzar el objetivo principal (1).

1.6 Alcances

El Sistema Recolector de Muestras no existe como tal y por consiguiente en este trabajo se crean los principios (base modular, ejemplo de interfaz USUARIO - ROV y control básico del sistema).

Los investigadores encuestados indicaron cuales son los tipos de muestras que les interesan y varias otras características concernientes. Para esta primera iteración antes de obtener un diseño conceptual por cada tipo de muestra se plantea uno general basado en módulos intercambiables dependiendo de la necesidad de muestreo.

Entonces, para este trabajo de tesis se hará el diseño mecánico de la **Base Modular** para la integración y disposición de los diferentes extractores de muestras que se adaptan al ROV, se analizará el sistema eléctrico y de control para su uso. Así como también se obtendrá, como un ejemplo de aplicación de la información obtenida, el diseño conceptual para el módulo de la principal muestra para los investigadores: **Sedimentos y rocas pequeñas**, junto con su interfaz y programación requerida cuya vinculación es solamente con una simulación virtual, demostrando solo su funcionamiento más básico y fundamental.

1.7 Descripción del trabajo por Capítulos

CAPÍTULO 1. Levantamiento o Introducción.

Con los antecedentes del vehículo y del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología se plantean las bases, objetivos y alcances para este trabajo. Éstos llevan al planteamiento que solo se propondrán los cambios básicos e iniciales para acondicionar el ROV para primeramente desarrollar el sistema de muestreo. El análisis de antecedentes demuestra que se necesita una base para extraer y resguardar las muestras, saber cómo funciona el ROV eléctrica y mecánicamente, una interfaz de usuario en la superficie y un control de la señales electrónicas dentro del vehículo, además de que una muestra una muestra es primordial.

CAPÍTULO 2. Recolección de la información.

Se realizó un cuestionario a diversos investigadores dentro del Instituto para conocer sus necesidades de muestreo (ambientes, cantidades maneras de muestrear), antecedentes y posible uso del vehículo. El resultado muestra que la toma de sedimentos es la más importante junto con rocas y algunos seres vivos.

CAPÍTULO 3. Estado del Arte.

Los investigadores dieron su valiosa información sobre cómo y qué se muestrea, en este capítulo se hace un análisis más profundo de las opciones que se tienen y además se definen varios términos que ayudan a la comprensión correspondiente a la toma de muestras.

CAPÍTULO 4. Análisis electrónico y de control del ROV Lynx 1117

Se revisaron y analizaron los diagramas eléctricos y electrónicos del ROV: tipos de comunicación interna, cableados, conectores, voltajes de alimentación, voltajes de salida aplicables y posibles de usar. Y se analizó el sistema de control de la señales como uno de lazo cerrado y se plantea ON/OFF.

CAPÍTULO 5. Diseño de la base modular.

Se obtiene información del ROV en cuanto a sus capacidades de carga, dispositivos y accesorios, lo cual se muestra en este capítulo y en el Anexo 3, 5 y 6. Se plantea una base modular capaz de adaptarse al ROV y a las necesidades de diferentes muestras. Se analizan las cargas para diferentes estructuras internas, se propone materiales, uniones ROV-base, material de tornillos y disposición y distribución interna.

CAPÍTULO 6. Ejemplo de diseño de aplicación de diseño para uso del ROV.

Una vez que se conocen las opciones eléctricas, electrónicas y mecánicas del ROV. Se plantea un ejemplo mostrando solo las partes más básicas y de vital atención para que cualquier persona (con los conocimientos suficientes) pueda modificar el ROV a su conveniencia dependiendo de la muestra que requiera. Se hace uso de la metodología aprendida en los cursos de Ingeniería de diseño y Diseño mecatrónico de la Facultad de Ingeniería para llevar a cabo el desarrollo de las partes fundamentales de los tres aspectos más importantes que se requieren para cualquier tipo de muestreador:

- Diseño del órgano terminal para la extracción de muestra. En este ejemplo se lleva a cabo el diseño conceptual para la extracción de sedimentos y rocas de hasta 10 [cm] de diámetro.

- Diseño de la interfaz de entrada usuario – ROV.
- Diseño del control de salida. Se propone un dispositivo para llevar a cabo este control de las señales.

CAPÍTULO 7. Conclusiones.

En cada capítulo se obtuvieron resultados los cuales llevan a las conclusiones plasmadas aquí junto con una general del proyecto.

CAPÍTULO 8. Recomendaciones y consideraciones para un trabajo futuro.

Este trabajo se planteo para ser la base del sistema de muestreo. En este capítulo se colocan algunos comentarios a considerar para la consecución del proyecto.

CAPÍTULO 9. ANEXOS.

Para comprender mejor el proyecto en este capítulo se colocan diversos archivos para que sirvan de guía y complemento.

CAPÍTULO 10. Referencias y bibliografía.

CAPÍTULO 2. Recolección de Información

Debido a que es imperioso para el proyecto conocer las necesidades en cuanto a muestras dentro del ICMyL se entrevistó a diversos investigadores dentro del instituto, principales “usuarios” del ROV. Ellos otorgaron la información sobre el tipo de muestras a obtener, condiciones típicas y métodos que se han usado, entre otras cosas. Donde su información solo va enfocada hacia la muestra final obtenida, debido a esto el diseñador toma las decisiones con el **pág. 14** resultado del cuestionario y basado en las características mecánica-eléctricas originales del ROV (Anexo y capítulo 2).

2.1 Proceso de Entrevista

El ICMyL tiene varias áreas de investigación [29] :

- Biología Acuática.
- Geología Marina.
- Limnología.
- Química Acuática.
- Oceanografía Física.

Se hizo un sondeo previo en las principales áreas del instituto para conocer el posible interés en el uso del ROV ya que no en todas las áreas su prioridad es la toma de muestras. Se encontró que la mayoría de las personas les gustaría trabajar con un ROV si bien por la novedad o trabajo indirecto mas no por sus principales tareas. Solo algunos trabajan directamente con un dispositivo de este tipo. Entonces se decidió acudir con aquellas personas que tienen en sus antecedentes, trabajos actuales y principales involucrados e interesados en obtener muestras además que cuenten con *la mayor experiencia posible* en los buques oceanográficos y sus equipos cuyos comentarios enriquecerían la información.

2.2 Cuestionario

La razón por la cual se uso un cuestionario es debido a que es una investigación cualitativa y por lo tanto se llevo a cabo una entrevista con profundidad.

El objetivo del cuestionario es conocer los tipos de muestras más comunes e importantes para los investigadores, así como sus características, condiciones de entorno y modo de obtención.

Cuestionario (MUESTRA)

Dirigido a: Investigadores del ICMyL

Objetivo:

Conocer las necesidades en la toma de muestras de estudio de los investigadores: características y condiciones de entorno.

i. ¿Cuál es su principal línea de investigación?

ii. Enumeré jerárquicamente las siguientes actividades debido a la importancia en sus actividades (1 es el más importante y *5 el menos importante). *Si considera otra(s) actividad(es) de valor, por favor indíquelo (s):

Observación Rescate (cualquier tipo) Medición de magnitudes físicas

Construcción y/o reparación Toma de muestras *Otra: _____

iii. ¿En dónde le interesa tomar muestras?

Océano Lagos otro,
cual? _____

iv. Llene los recuadros en blanco de la medida física que le interesa tomar. En los espacios en blanco del lado izquierdo coloque alguna otra magnitud que considere importante para su estudio.

	Profundidad [m]	Lugar(breve descripción)	Modo (breve descripción)
Temperatura			
Presión			
Salinidad			
ph			
oxigeno			

v. Llene la siguiente tabla colocando los tipos de muestra que recolecta para su estudio

MUESTRA	Tamaño de la muestra obtenida en edo. natural (valor aproximado)	*Cantidad requerida para su estudio	Textura	Profundidad [m]	Temp [°C]	Lugar (breve descripción)	Modo de obtención	Importancia (1 baja, 2 media y 3 alta)	observaciones

*Mínima suficiente

GRACIAS

(Cuestionario Muestra)

Tabla 2.1 Resultados del Cuestionario Por Línea de Investigación

Línea de Invest.	Océano O lago	Jerarquía	MUESTRA	Tamaño	Cantidad	Textura	Profund. [m]	temp [°C]	Lugar especif.	Modo de obtención	Import.	Observaciones
Contaminación marina y sedimentos	lagos y lagunas costeras	T,M;OCR	muestras de agua con plaguicida, metales pesados, hidrocarburos				10		lagunas	botellas rizquin	alta	En el mar los plaguicidas pueden estar en partes por trillón. Y se usan recipientes metálicos. Pueden medirse los metales pesados en ventilas hidrotermales y ahí salen concentrados con recipientes no metálicos. Pueden medirse hidrocarburos. AGUAS TURBIAS EN LAGUNAS COSTERAS-> sistema para ubicarse y "ver". Importante el tiempo para subir y bajar: lastre. QUE TENGA VENTAJAS: AGUAS SOMERAS PERO PELIGROSAS como las de Japón, petróleo, etc.
Geología	Océano y mar	O,T,M;C,R	Nódulos Polimetálicos	Desde micronodulos 20, 40 [cm]	~	Parecidas a rocas, no densas, algunas frágiles	3500,4000	Casi 0	Zona económica exclusiva del pacifico	Nucleadores de caja y de gravedad	alta	Observación antes que Exploración. ALTA PROFUNDIDAD. Se hacen estudios químicos minerográficos no es tan importante el tamaño de la muestra si no de la composición. Se desarrollan debido a la presión y condiciones físicas concéntricamente a un núcleo
			Fosforitas	Hasta 40 [cm]	1	Parecidas a rocas, no densas, algunas frágiles	Someras 200,300,500	+ -15	Golfo de Tehuantepec, Golfo de California	Nucleadores de caja y de gravedad	alta	Profundidad: somera
			Arenas, sedimentos				0 – 4000	~	Todo tipo de zonas	Dragas, nucleadores, trampas	alta	

Tabla 2.1 Resultados del Cuestionario Por Línea de Investigación

Continuación

Línea de Invest.	Océano o lago	Jerarquía	MUESTRA	Tamaño	Cantidad	Textura	Profund. [m]	temp [°C]	Lugar especific.	Modo de obtención	Importancia	Observaciones
Toxicología Marina	Océano	T, O; M,R,C	CARACOLES	0,5 - 10 [CM]	10 unidades	Rígidos, Duros	1000	5 a 10 +-	Golfo, Pacífico , Caribe	Redes (arrastres)	alta	Abundancia en aguas someras (50 m). Dificiles de encontrar. Muestreo Selectivo. Viven debajo del sustrato. Muestreo Nocturno. Movimiento parecido al caracol de tierra. MINI ARRASTRES
Vulnerabilidad y cambio climático	Océano	T, O,M;R,C	Sedimentos marinos y costeros,	~	250 g.	arenosos limoarcillosos	1500	2 a 3	fondo marino	Dragas y nucleadores	alta	De los 250 g con microtécnicas dan 100 g. y sus mediciones terminan en 1 o 2 g. Le importa el lugar donde las dragas y nucleadores no puedan llegar. Extraer contaminantes: metales, hidrocarburos, plaguicidas, componentes petróleo. No hay suficiente concentración para analizar agua MODULAR
Biología		O, T; M,C,R									Alta	Exploración y observación

Tabla 2.2 Resultados del Cuestionario Por línea de investigación

Medición de Magnitud Física

<i>Línea de Invest.</i>	<i>Océano o lago</i>	<i>Jerarquía</i>	<i>MUESTRA</i>	<i>Tamaño</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Textura</i>	<i>Profund. [m]</i>	<i>temp [°C]</i>	<i>Lugar especif.</i>	<i>Modo de obtención</i>	<i>Importancia.</i>	<i>Observaciones</i>
Energía térmica (océano)	Océano	M,O,T,R,C	Temperatura	~	~	~	2300	maso 300	~	CTD rosette, ROVs	alta	ctd cada 5 cm da datos. Acercamiento de sensores con ROVS. Chimeneas hidrotermales altas temperaturas.
Vulnerabilidad y cambio climático	Océano	T, O,M;R,C	Ph, O2, Salinidad, Temp, Presión, nutrientes	~	~	~	1000 a 1500	~	~	CTD rosette	alta	Con la Rosette, sensores adheridos en forma de tubo
Contaminación marina y sedimentos	lagos y lagunas costeras	T,M;OCR	Temperatura, presión, salinidad, ph, O2	~	~	~	10	~	lagunas	CTD rosette	alta	
Geología	Océano y mar	O,T,M;C,R	Temperatura salinidad, O2	~	~	~	0 - 4000	~	~	CTD rosette, ROVs	alta	Con los equipos ya existentes

2.3 Resultados y Requerimientos Principales

Principales líneas de investigación interesados en el uso del ROV:

- Toxicología Marina
- Vulnerabilidad y cambio climático
- Energía térmica(océano)
- Contaminación marina y sedimentos
- Biología
- Geología Marina

Porcentaje de investigación

- 80% Agua Salada
- 20% Agua dulce

Jerarquización de Actividades

1. Observación
2. Toma de Muestras
3. Medición de magnitudes físicas
4. Construcción y/o reparación*
5. Rescate (cualquier tipo)*

*no tienen importancia para la investigación

Medición de Magnitudes Físicas

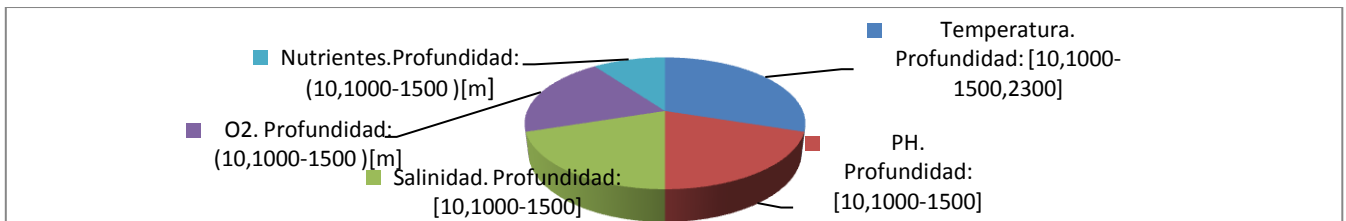


Fig. 2.1 Porcentajes de interés en magnitudes físicas de los investigadores

Modo de obtención

- CTD rosette : sensores adheridos en forma de tubo, datos cada 5 cm
- ROV's y sensores

Requerimientos de los Investigadores para la toma de Muestras

- ✓ Profundidad: Máxima 4 500 [m]
- ✓ Temperatura: mínima de 0 °C
- ✓ Tamaño de muestras:
 - En general, sólidos 0.5 [cm] hasta 40 [cm]
 - Toma de muestras de agua: Capacidad de la botella de muestreo
 - Sedimentos: Al menos 250 gr.
- ✓ Texturas
 - Parecidas a rocas, no densas, algunas frágiles, Rígidos, Duros Arenosos, limoarsillosos
- ✓ Frases clave:

Muestreo Selectivo

Por debajo del sustrato y fondo marino, pequeños arrastres

Movimientos lentos (algunos caracoles)

Buena iluminación

Aguas someras pero peligrosas

Lugares no accesibles a los métodos tradicionales

Observación clara

Almacenamiento de muestras

2.4 Generalización de los resultados

Por objetividad, facilidad en el manejo y de jerarquización en la toma de muestras se definieron dos grandes grupos dependiendo de las características semejantes en su muestreo.



Fig.2.2 Generalización de resultados

Definiciones:

Seres vivos de Movimientos Lentos. La intención no es tomar muestras vivas de seres vivos, sin embargo, algunos no tan lentos que entran dentro de la categoría de sólidos.

Nódulos polimetálicos. No entran directamente en “rocas” debido a que no es precisamente una roca además de su importancia y valor, asimismo por su dificultad en la extracción debido a las condiciones en las que se encuentra naturalmente. No obstante, si alguno es encontrado a máx. 1500 metros de profundidad y está al alcance entra en esta categoría.

Sedimentos. La definición completa esta manejada en el capítulo de muestra de sedimentos. Aunque no es un sólido como tal, se considera así ya que puede ser extraído con algunos métodos para sólidos.

Desde luego existen otras posibles muestras como plancton y otros seres vivos los cuales requieren otros sistemas de muestreo que por ahora quedan fuera del alcance del proyecto. Entonces, *el objeto de la extracción es tomar por lo menos la cantidad mínima requerida de muestras de la misma categoría con un mismo método, en este caso son sólidos de hasta aproximadamente 40 [cm] de diámetro, dónde este tamaño depende directamente del espacio confinado para las muestras, el cual es 15 [cm] como máximo.* Es decir, se tomarán muestras de la capa superficial, o muy cerca de los sedimentos en el fondo del mar hasta una profundidad de 5 [cm], pero si por su tamaño no entran en el espacio confinado no será posible extraerlas en su estado natural.

CAPÍTULO 3. Estado del Arte

Existen varios tipos de muestras que interesan al ICMyL de las cuales se conocen las características generales y particulares. El objetivo de esta búsqueda de información es conocer como son adquiridas cada una de los ejemplares que se encontraron como primordiales.

Las muestras con más interés son las de pequeños moluscos, rocas y sedimentos. Donde además es importante conocer cómo y qué es recolectado en aguas someras y a bajas profundidades.

3.1 Técnicas de recolección [30]

Los principales hábitats que se exploran en las áreas de estudio son los fondos blandos (arena, fango, praderas de fanerógamas y praderas de algas) y los fondos duros (paredes rocosas, fondos rocosos, grutas, arrecifes, rocas sueltas, cascajo coralino, raíces y troncos de mangle). Además se registran elementos faunísticos pelágicos que se presenten ocasionalmente en el área de estudio (p.ej. *Janthinasp.*, *Argonauta sp.* etc.). En el manglar se recolectan los moluscos que se encuentren dentro de troncos podridos, raíces de mangle y hojarasca. También se debe escarbar manualmente o con la ayuda de una pequeña pala en el fango para buscar los bivalvos. En algunos casos, para facilitar la búsqueda se utilizan zarandas grandes para colar el fango y poder encontrar micromoluscos.

Los métodos de recolección de moluscos marinos utilizados se dividen en métodos directos e indirectos. Los métodos directos de recolección, implican localizar visualmente los especímenes antes de recolectarlos, no así los indirectos. En los métodos indirectos de recolección no se observan los especímenes en el momento de recolectarlos. Entre los métodos indirectos se consideran: raspado y cepillado de sustratos, arranque y remonte de algas, recolecta de sustratos, y otros.

3.1.1 Localización y recolecta sobre la línea de marea (zona intermareal).

Para recolectar los micromoluscos de la playa se toman muestras de arena con pequeñas palas y se guardan en bolsas plásticas. Las muestras de arena luego se secarán al sol o mediante una estufa para finalmente ser tamizadas y vistas al estereoscopio. Se deben de recolectar los moluscos que se encuentren debajo y encima de piedras, en huecos y en las pozas que deja la marea. Se recolectan individuos muertos (es decir sólo la concha) y vivos (con cuerpo). Es importante aplicar el método del “shaking” el cual consiste en tomar piedras de considerable tamaño y agitarlas dentro de una cubeta con agua de mar, las piedras también se pueden cepillar.

En el caso de los pulpos éstos se recolectan buscándolos entre los huecos y cuevas que se forman en las rocas de la zona intermareal. Para poder sacarlos de las cuevas es necesario emplear un palo largo con un gancho e introducirlo en la cueva.

3.1.2 Localización y recolecta por medio de buceo a pulmón (zona de 0 a 3 metros).

En la zona submareal y mediante el uso de buceo a pulmón se recolectan moluscos ubicados en piedras, corales, algas, fondo marino etc. Se recolectan algas en diferentes bolsas

plásticas separadas por el tipo de alga y luego se ponen a remontar en cubetas con agua de mar. Los micromoluscos y opistobranquios asociados a estas algas se van recolectando conforme estos van subiendo a la superficie cuando el oxígeno del agua vaya disminuyendo. El cepillado de piedras debe aplicarse también aunque es más interesante aplicarlo en zonas de mayor profundidad.

3.1.3 Localización y recolecta, diurna y nocturna, por medio de buceo autónomo -SCUBA- (zona de 3 a 30 metros).

Se recolectan moluscos ubicados en piedras, corales, algas, fondo marino etc. Se recolectan algas en diferentes bolsas plásticas separadas por el tipo de alga y luego se ponen a remontar en cubetas con agua de mar. Los micromoluscos y opistobranquios asociados a estas algas se van recolectando conforme estos van subiendo a la superficie cuando el oxígeno del agua vaya disminuyendo. Para recolectar los micromoluscos de profundidad también se toman muestras de bioblastos con pequeñas palas y se guardan en bolsas plásticas. Las arenas se secan y se analizan. Otra forma de recolectar micromoluscos es mediante el cepillado de piedras. Una pareja de buzos se encarga de esta labor, uno de ellos sostiene una bolsa de manta lo suficientemente ancha para que



Fig. 3.1 Localización y recolecta por medio de buceo a pulmón - Snorkeling- (0 a 3 m. de

entren piedras de tamaño manejable por el buzo, mientras el otro se dedica a elegir las piedras que va a cepillar y realizar el cepillado siempre dejando caer la materia cepillada dentro de la bolsa. El plan de buceo debe de establecerse con anterioridad. Las parejas de buceo deben de elegirse antes de buceo del mismo modo que la técnica de muestreo a utilizar. El conocimiento de los pescadores de las zonas ha resultado hasta ahora de excelente ayuda en la elección de los sitios de muestreo.

3.1.4 Recolectación por medio de dragas de arrastre en fondos blandos (zona: más de 30 m.)

El uso de una draga de red de malla fina y manipulada manualmente desde el bote es un método para recolectar moluscos de profundidad. Una vez que el fondo ha sido dragado, todos los individuos grandes que se recolectaron en la arena y que tienen cuerpo deben ser relajados previamente y preservados en alcohol al 70%, el resto de la arena debe ser secada hasta que desaparezca la humedad por completo. Una vez que la arena está seca se procede a pasar ésta por



Fig. 3.2 Recolectación por medio de dragas de arrastre en fondos blandos (zona: más de 30 metros).

diferentes tamices, de manera que permita la separación de los micromoluscos más fácilmente.

Los escafópodos que se encuentren eventualmente en la playa deben de recolectarse, sin embargo la forma más fácil de extraerlos del fondo marino es utilizando nucleadores o dragas y luego pasar la arena o barro extraído por una serie de coladores o tamices con diferentes aberturas.

También ya existen diferentes dispositivos extras para la toma de muestras u otras funciones para ROV's (Remotely Operated Vehicule)

3.2 Toma de Muestra de Sedimentos [5]

3.2.1 Definición de terminología

La definición habitual de sedimentos considera que se trata de: "Materia que, habiendo estado suspendida en un líquido, se posa en el fondo por su mayor gravedad." Sin embargo, a efectos de interpretación de los datos a obtener, los sedimentos se van a clasificar en sedimentos de fondo (aquellos que podemos garantizar que permanecen todo el tiempo cubiertos por el agua), y sedimentos de orilla (aquellos que pueden estar o haber estado parte del tiempo sin cubrir por el

agua). En ambos casos, pero sobre todo en el primero, se trata de muestras no estacionarias e inestables.

La definición de *área de estudio* indica claramente que ésta es la región geográfica que se delimita para realizar en ella un determinado programa de muestreo, al margen de los objetivos concretos que en éste se contemplen.

Al dividir el área de estudio se obtienen las *zonas de muestreo*, considerando a cada una de ellas como un espacio geográfico que presenta un conjunto de características, definidas en función de su entorno terrestre y acuático, homogéneas en toda la zona de muestreo, y de donde se extraerá una o más muestras en función de cuáles sean esas características y de los objetivos del muestreo. Lógicamente en un área se pueden definir una o más zonas.

El *punto de muestreo* es el lugar elegido en la zona para extraer una muestra. Sus características fundamentales son: que debe ser representativo de la zona de muestreo —aunque en ocasiones para tener analizada una zona es necesario definir en ella más de un punto de muestreo en función de los objetivos concretos de éste y de las características del terreno— y que reúna las condiciones adecuadas para poder extraer una muestra de las características requeridas. Los puntos de muestreo vendrán definidos por sus coordenadas y su profundidad.

La definición de *muestra* uno de los puntos que genera mayores controversias. Obtención de una muestra sobre la que realizar los análisis, obtenida a partir de la mezcla y homogeneización de un determinado número de submuestras, extraídas de una superficie definida y controlada que debe oscilar entre 1 y 10 m².

Con respecto a la profundidad del muestreo, para el caso del muestreo superficial se intentará que la muestra se corresponda con la capa de sedimento extraída a no más de 5 cm, compatible con la muestra requerida y procurando la reproducibilidad del impacto en el último año si se trata de un muestreo sistemático.

El *instrumento de muestreo*, o muestreador, será el instrumento utilizado para la extracción de las submuestras/muestras.

3.2.2 Tipos de extractores de sedimentos



Fig. 3.3 Nucleador de caja

Existe una amplia variedad de instrumentos de muestreo de sedimentos, tanto comerciales como de elaboración propia. Algunos de ellos son de utilización manual y otros están total o parcialmente automatizados, el uso de unos u otros viene definido en función de la profundidad del agua donde se va a realizar el muestreo y también del espesor de capa de sedimento que se quiera recolectar y de la cantidad que se precise para realizar las determinaciones. Dado que este procedimiento se refiere al muestreo de la capa superficial de sedimentos, los instrumentos necesarios se encuentran entre los más sencillos del mercado, sobre todo si además los sedimentos son de orilla:(ISO-2, 1995).

3.2.2.a Instrumentos tipo “recogedor”

Son los más sencillos, entre ellos están las palas de sedimentos y las dragas. Las palas siempre son de utilización manual y se utilizan para el muestreo de sedimentos de orilla o con muy poco espesor de capa de agua por encima. Para altas profundidades se emplean las dragas, redes de arrastre, nasas y aparatos como el batiscafo y los sumergibles.

Las dragas pueden ser manuales o de accionamiento dirigido (para grandes profundidades).

Se clasifican:

- Las de cuchara consisten en un instrumento metálico que se baja abierto y al chocar con el fondo se cierra, quedando dentro el material que constituye la muestra.
- Las de arrastre consisten en una jaula de red metálica con una boca rectangular protegida por un telar delantero metálico, que se arrastra por el fondo.

Las ventajas que presenta el muestreo realizado con este tipo de instrumentos están relacionadas con la posibilidad de obtener fácilmente grandes cantidades de muestra.

Sin embargo, las muestras recogidas con este tipo de instrumentos se caracterizan por estar perturbadas y por no tener bien definida lo que es la profundidad de muestreo, con lo cual no son aptas para realizar, por ejemplo, análisis de perfiles. Por otra parte, si el sedimento tiene grandes proporciones de arcilla, la draga suele tener problemas de penetración.

En cualquiera de sus versiones, cuando se muestrea, hay que adoptar precauciones para evitar las pérdidas de sedimento correspondientes a la capa más superficial y a los componentes más finos.

3.2.2b Instrumentos tipo “cilindro”

También pueden ser manuales o de accionamiento dirigido, utilizándose los segundos preferentemente para muestreos a mayor profundidad.

Las ventajas que presenta el muestreo realizado con este tipo de instrumentos están relacionadas con la posibilidad de obtener muestras “no perturbadas”, lo que permite realizar análisis de perfiles de los sedimentos y, adoptando las debidas precauciones, el análisis de las deposiciones más recientes.

Sin embargo, al contrario que en los instrumentos tipo recogedor, y dado que el diámetro del cilindro está limitado aproximadamente a 10 cm, salvo en los instrumentos muy sofisticados, también lo va a estar la cantidad de muestra que se puede recoger con una sola extracción.

Por lo tanto, grandes volúmenes de muestra sólo se pueden obtener si se realizan repetidas extracciones en el entorno de la primera de ellas, sin embargo, esto no es demasiado recomendable salvo que se pueda asegurar que el procedimiento de extracción no altera las condiciones de los sedimentos de su entorno, lo que no siempre es fácil sobre todo en muestreos realizados a una cierta profundidad. Otro inconveniente relacionado con este instrumento de muestreo está relacionado con las características del punto de muestreo, si el sedimento contiene muchas piedras puede ser difícil llevar la extracción a buen término.

En cualquier caso, es necesario que el sistema permita la evaluación de la compactación, la cual se realizará sin más midiendo la distancia entre el cero (considerado éste como la superficie exterior al “core”) y la altura a la que queda el cilindro recolectado.

La elección del muestreador o extractor de muestras, así como sus características, su tamaño y el grado de sofisticación en su manipulación, van a depender fundamentalmente del tipo de sedimento a muestrear, de las condiciones climatológicas, hidrográficas y de navegación de la zona (sobre todo en casos de muestreo en profundidad) y de los objetivos del muestreo.

Atendiendo al tipo de sedimento, y de forma general, los instrumentos de muestreo *recomendados* (ISO-1, 1995) aparecen reflejados en la siguiente tabla:

Tipo de sedimento	Instrumento de muestreo
Arena fina	Pueden usarse tanto "cilindros" como dragas y palas
Arcilla + limo	Deben usarse "cilindros", puesto que las dragas pueden tener problemas de penetración

Granulometría	
Partícula	Tamaño
Limos	0,0039-0,0625 mm
Arenas	0,0625-2 mm
Gravas	2-64 mm
Cantos rodados	64-256 mm
Arcillas	< 0,0039 mm
Bloques	>256 mm

Tabla 3.1 Granulometría

En cuanto a las condiciones climatológicas, hidrográficas y de navegación de la zona, no se puede hacer una recomendación de tipo general, sino que habrá de analizarse la situación caso a caso.

Los objetivos del muestreo son los que van a definir por una parte, los análisis a realizar, la cantidad de muestra que se precisa, por otra parte, van a señalar si se precisa, por ejemplo, una muestra de un determinado espesor controlado, si puede estar perturbada o no, en función de si se quiere hacer una análisis de perfil, etc.



Fig.3.4 Muestra "perturbada" obtenida con un recogedor tipo "cuchara"

En función de ello se tendrá que elegir el muestreador. Por ejemplo, si se necesitan grandes cantidades de muestra, lo mejor es un tipo recogedor, si se quieren analizar perfiles, un cilindro.



Fig.3.5 Muestra "no perturbada" obtenida con un recogedor de tipo "cilindro"

Es recomendable que, en el caso de elegir un instrumento de muestreo tipo "recogedor", estas muestras se completen cada cierto número de años con muestras tipo "cilindro".

3.3 Patines de Herramienta [24]

La empresa SEAEYE del ROV LynxSystem 1117 tiene accesorios para el ROV llamados Patines de Herramienta, éstos han sido diseñados para ensamblarse directamente.

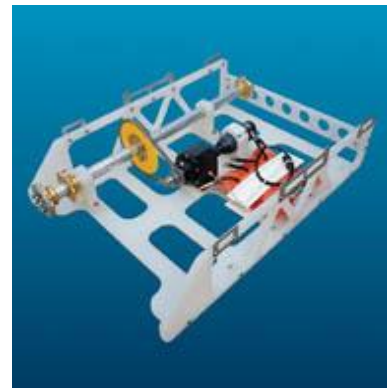
Estos patines tienen la característica que son usados para funciones únicas:

- Patín de Manipulador de 5 Funciones
- Water-jettingtoolingskid
- Miembro detector de inundación (FMD) Patín de orientación

Pero no existen para la toma de muestras parecidas a las del ICMyL



Patín de Manipulador de 5 Arrojador de agua presión
Funciones



Miembro detector de inundación
(FMD) Patín de orientación

Fig 3.6 Se muestran los patines de herramienta a la venta para el Lynx 1117. Fuente [24] SAAB. Seaeeye Lynx Features

4. Análisis electrónico y de control del ROV Lynx 1117

Para llevar a cabo la modificación y principalmente adaptación del ROV para la toma de muestras es necesario tomar ventaja de las entradas, salidas, conexiones y fuentes de alimentación con las que fue diseñado.

Pero además, debido a las necesidades de diseño se requiere que tengan otras características como una interfaz usuario-ROV diferente al que cuenta, especial para el muestreo, asimismo un dispositivo que procese y maneje la información y a los diferentes actuadores.

La fig. 4.2 muestra el resumen de este capítulo. Los cuatro bloques centrales muestran al Sistema Lynx 1117 y los diferentes dispositivos tal y como normalmente funcionaria. En este mismo camino pasan la alimentación y los diferentes datos de comunicación entre el usuario y el ROV; igualmente muestra en color negro la entrada y salida deseadas para este trabajo.

Los elementos de entrada y salida extras se diseñan independientemente de cuál sea la muestra, es decir, tienen los mismos principios de funcionamiento. Para el control del usuario desde la superficie se sugiere usar una interfaz en algún lenguaje de programación y para el accionamiento y control de los actuadores un dispositivo electrónico programable con suficiente capacidad de procesamiento y entradas - salidas para periféricos.

Todo este sistema de muestreo se comunica por dos protocolos de comunicación el RS-232 y el RS-485 debido a las condiciones de trabajo, éstos se unen por medio de un circuito acoplador como se explica en el ejemplo de diseño.

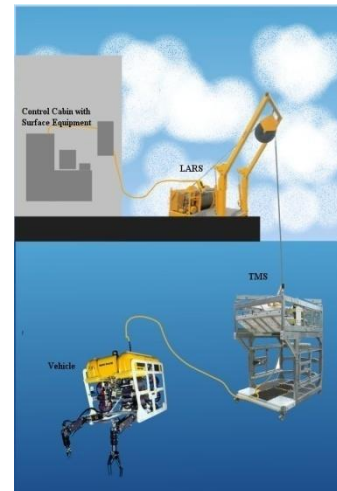


Fig.4.1 Sistema Lynx 1117.[23]

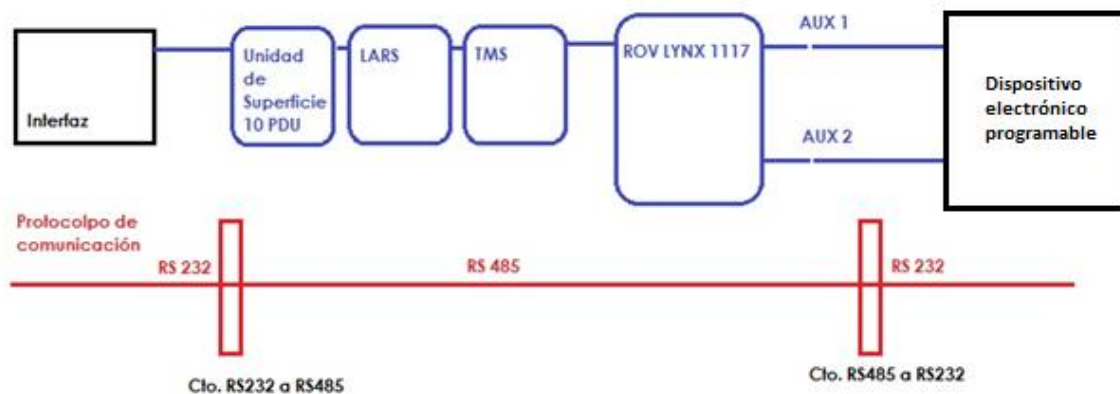


Fig. 4.2 Sistema Lynx 1117 y sus protocolos de comunicación.

Con el avance del capítulo se detallaran las partes de comunicación y en el capítulo 6 la interfaz y el dispositivo electrónico programable.

4.1 Electrónica

Al ser un dispositivo funcional la electrónica ya está dispuesta, debido a esto en el análisis del sistema se buscaron las entradas, salidas y conexiones necesarias para el desarrollo del trabajo y que sean útiles para futuras aplicaciones. De manera general se separo el sistema de la siguiente forma para su análisis y manejo.

A la entrada del sistema

- Interfaz. El modo para que entren las ordenes al dispositivo y mantener comunicación.

Comunicación

- Conexiones. La forma en que la señal del usuario llega al dispositivo. El lugar por donde pasan los datos, cables.

A la salida del sistema

- Conocer el valor de voltajes que se usarán, además de cómo llegan a la salida del sistema las señales y la forma de aprovechar las conexiones. Conexión con el control del sistema.

4.2 Entrada del sistema [23]

Para una primera opción se consideró un control llamado Unidad de Control Manual (HCU) que funciona como interfaz para manipular al ROV. Éste tiene algunas opciones que se configuran para diferentes funcionamientos, sin embargo ya están ocupadas y direccionadas, es decir, sus conexiones internas no son fáciles de manipular.



Fig. 4.3 Unidad de Control Manual (HCU)

La segunda opción es el uso de las entradas auxiliares de la Unidad de Superficie 10PDU por medio de una interfaz.



Fig. 4.4 Unidad de Superficie 10PDU. Vista Frontal

En la siguiente imagen se muestra el panel trasero donde se conectan los periféricos.

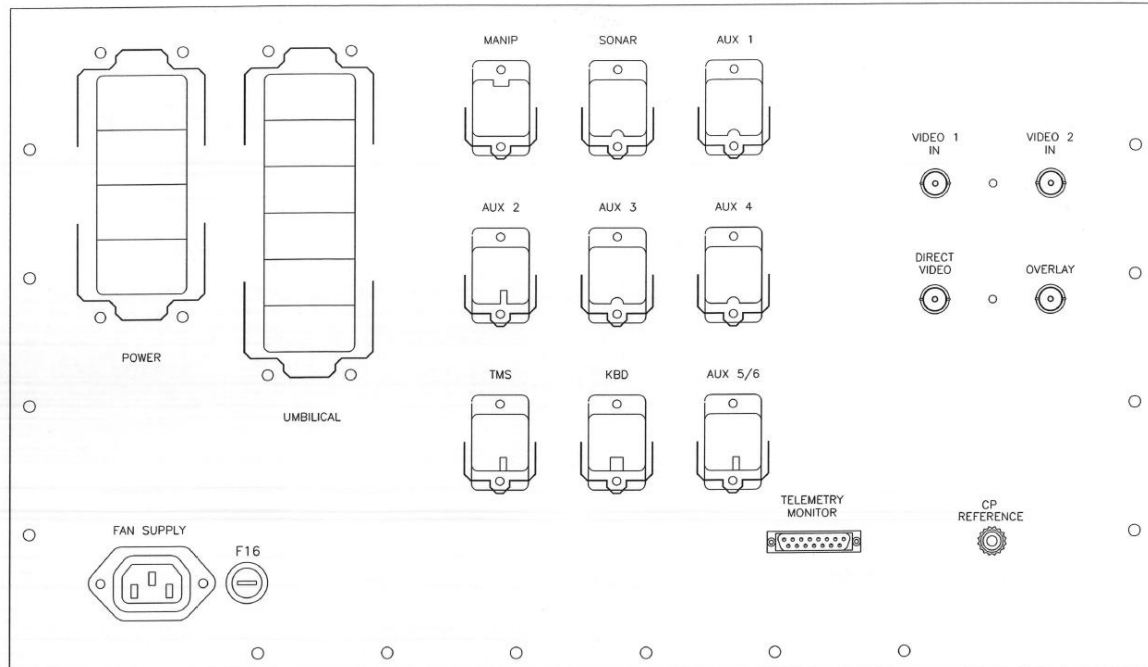


Fig. 4.5 Unidad de Superficie 10PDU.Vista Trasera

MANIP. Es la entrada para el control de un brazo manipulador que se puede adquirir.

Nota: Como fue descrito al principio de la tesis, para los investigadores no es tan necesario un aditamento de este tipo; sin embargo, no se ocupa esta entrada para tener la opción de complementar al ROV.

TMS, KBD Y SONAR son entradas para dispositivos con diferentes funciones en el ROV. No son descritas a fondo ya que no es posible usar las conexiones internas debido a sus configuraciones que se encuentran en los diagramas. Por otro lado con los AUX sí es posible, se hizo una verificación de las conexiones y su posible función:

Los **AUX 4, 5 y 6** NO es posible usarlos ya que a pesar de tener conexiones externas en la 10PDU no están conectadas internamente (ver diagrama) y por lo tanto no tienen salidas.

En la imagen 3 se muestra el conector *SKTI* indicando la función de cada PIN. Los **AUX 4, 5 y 6** están en los pines A no conectados y no llegan al ROV, no así los **AUX 3, 4 y 5**.

El **AUX 3** es un caso especial, tiene entrada en la Unidad de Superficie pero no tiene una salida con 24 [VCD] debido a esto no es útil en el ROV para conectar algún dispositivo.

Solo los **AUX 1 y 2** tienen la posibilidad de conexión externa y conducen hasta el ROV con una salida de 24 [VDC]. Por esta razón, son los que se usarán en este proyecto.

La imagen 4 muestra las conexiones internas de la Unidad de Superficie que se dirigen al conector *SKTI*. Las entradas están del lado izquierdo y llegan al socket del cable cordón umbilical o conector *SKTI* del lado derecho.

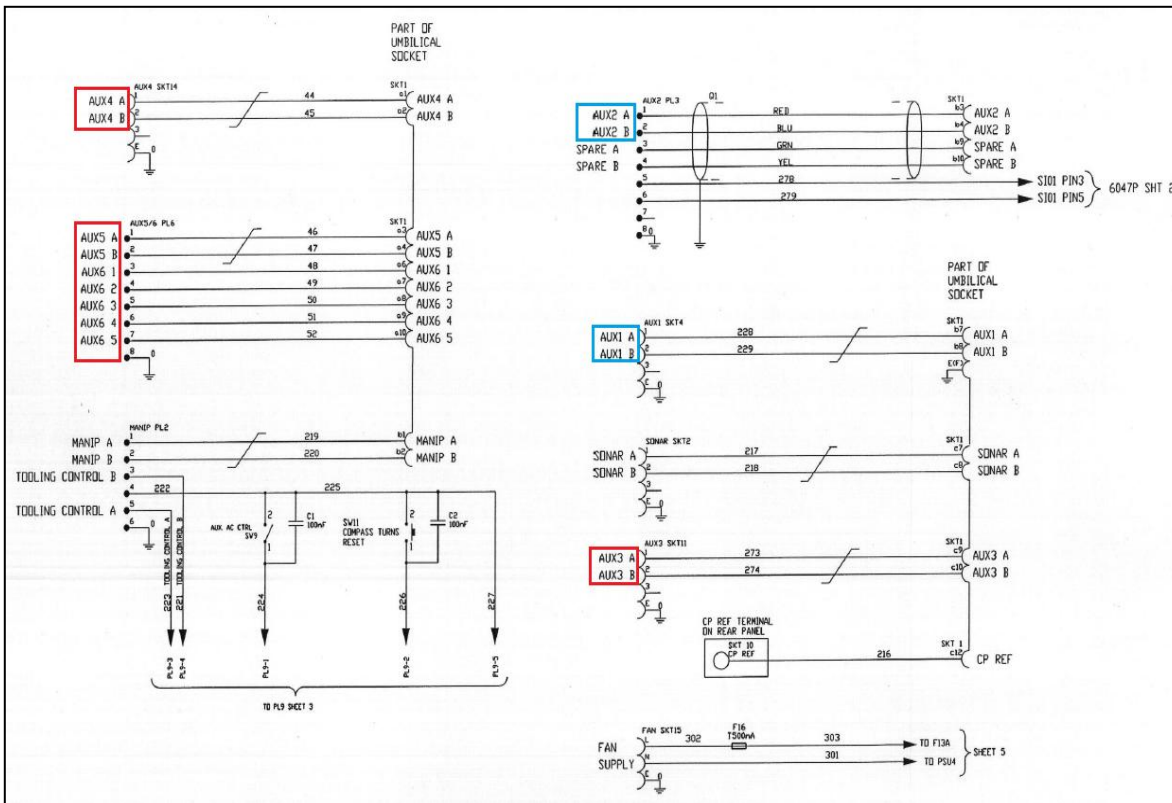


Fig. 4.6- Conexiones internas hacia el cordón umbilical o SKT1

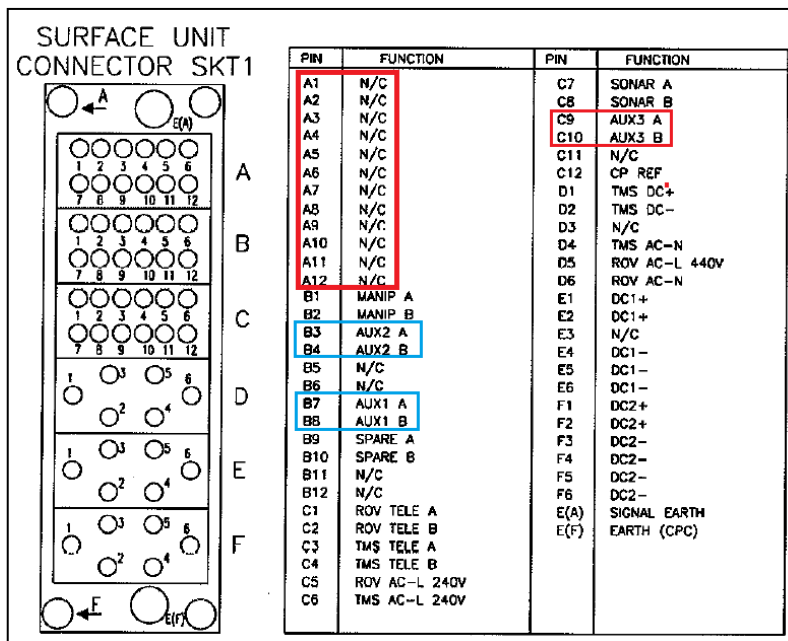


Fig. 4.7 - Conector SKT1

4.3 CONEXIÓN [23]

La fig. 4.8 es el diagrama de cableado desde la Unidad de Superficie hasta el conector U1 y U2 del ROV. Se observa que solo los AUX 1,2 y 3 son los que llegan al ROV, sin embargo solo son útiles el 1 y 2 ya que el 3 no llega al final. Observando este diagrama de conexiones se nota que la información llega directo al ROV sin pasar por alguna tarjeta, debido a esto el control y manejo de la información se hará con un microprocesador que se explicará a la salida del sistema. Esta comunicación es por medio del protocolo RS-485, especial para comunicaciones a larga distancia y poca interferencia.

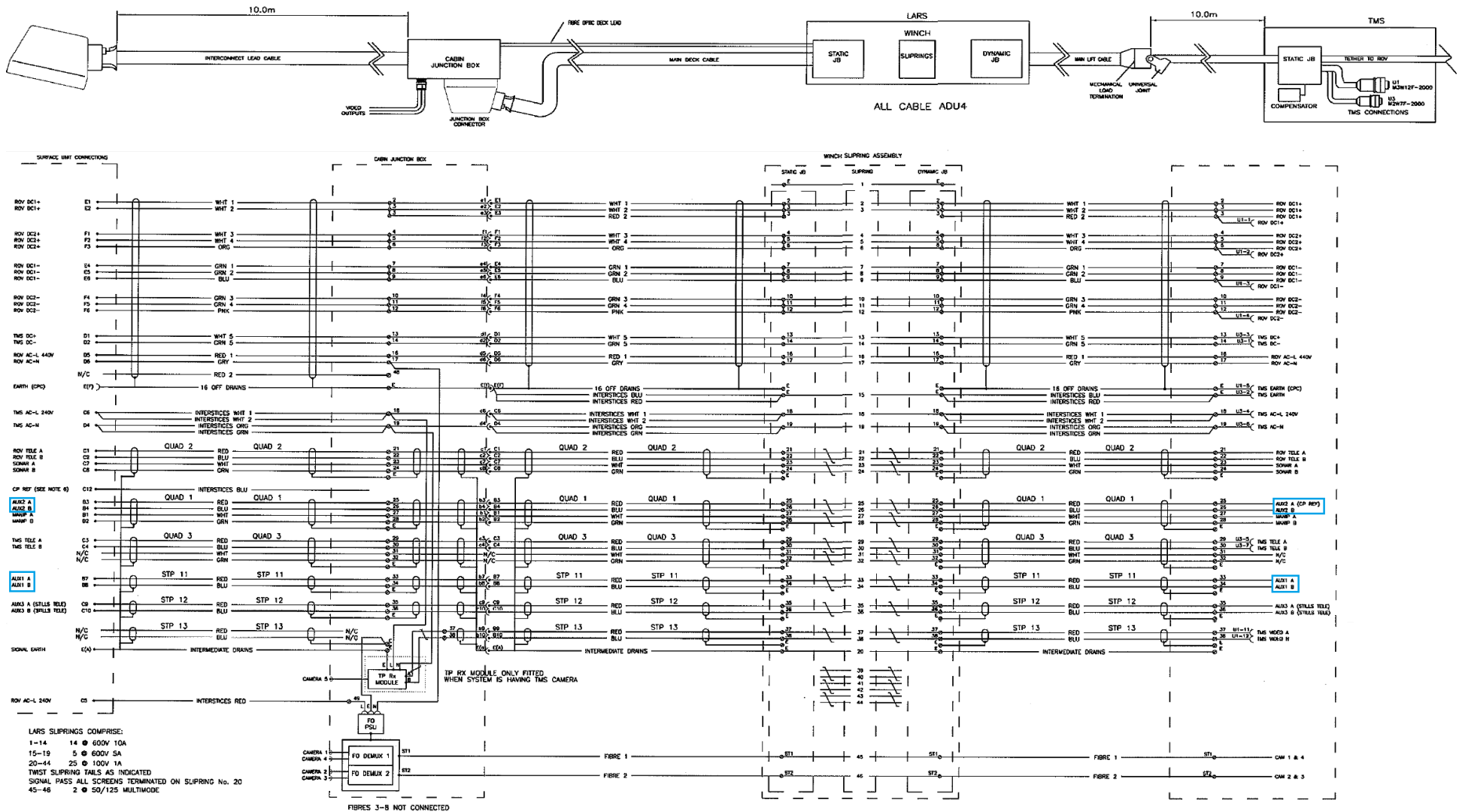


Fig 4.8 Cableado desde la superficie hasta el ROV

Conexión (Continuación)

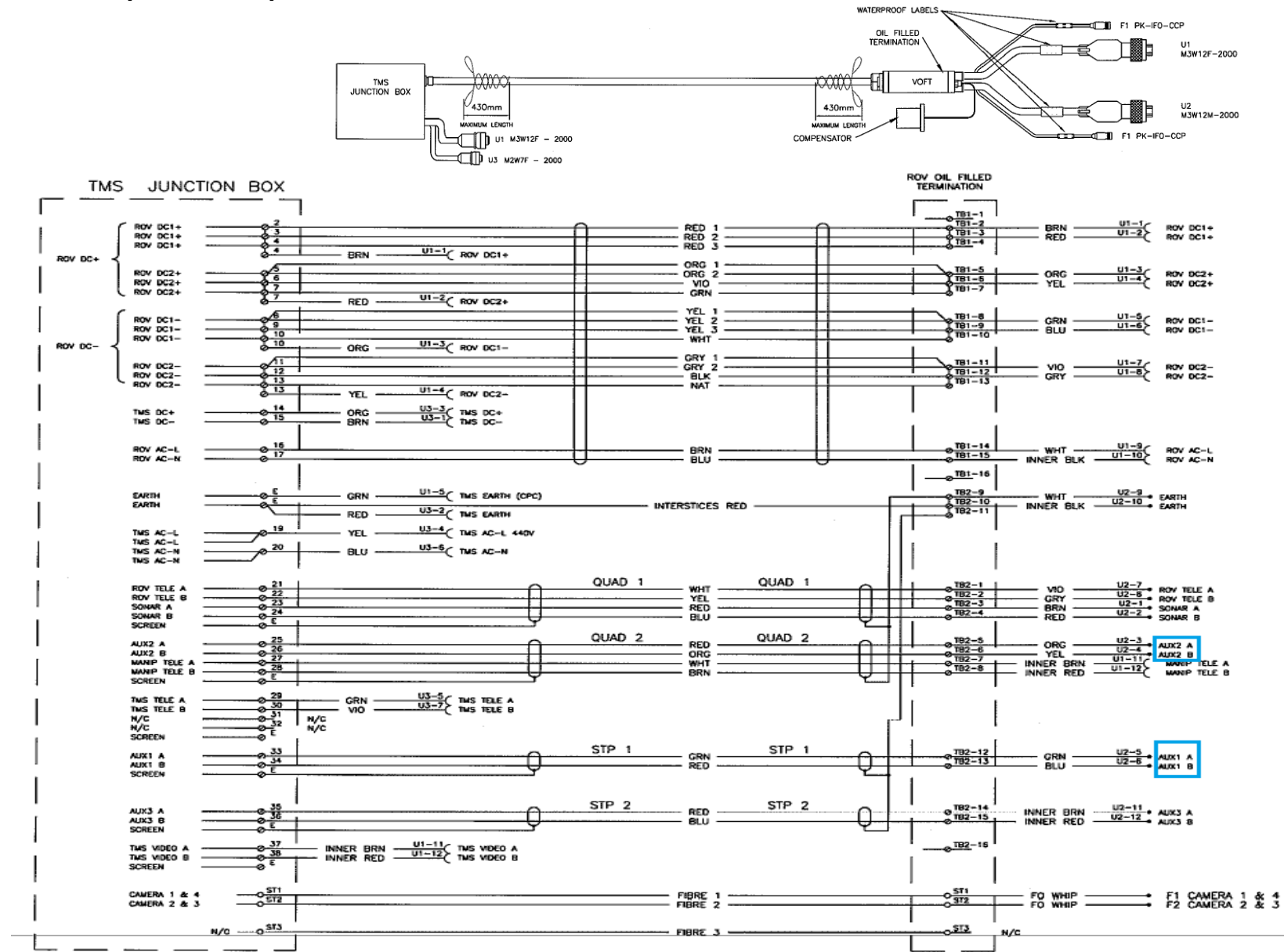


Fig. 4.8

4.4 Salida del sistema [23]

Hay dos aspectos a considerar en el uso de los Auxiliares: la Alimentación y la comunicación. En esta parte se observa las condiciones de los pines de salida del ROV los cuales se conectan al actuador.

Alimentación

Hay dos cables que llevan la alimentación a la salida de los conectores de los Auxiliares provenientes de la tarjeta 6051AP PCB 2 dando 0 y 24 [V] a los pines TB9-9 y TB9-11 para el AUX 2 y pines TB9-5 y TB9-7 para el AUX 1 como se muestra en la imagen.

Comunicación

Los cables de comunicación llegan a los pines TB9-10 y TB9-12 para el AUX 2 y pines TB9-6 y TB9-8 para el AUX 1. Como se había comentado, la comunicación llega directamente sin pasar por alguna tarjeta de procesamiento, por esta razón llega con el protocolo RS-485, el cual usa dos cables para su comunicación presentes en cada AUX denominados AUX 2A, AUX 2B, AUX 1A y AUX 1B respectivamente. En la figura 4.8 esta imagen se muestran los pines de salida del EPOD de cada AUXILIAR; internamente se muestra la parte final del cordón umbilical que llega de la superficie y los cables de alimentación provenientes de la tarjeta 6051AP PCB2.

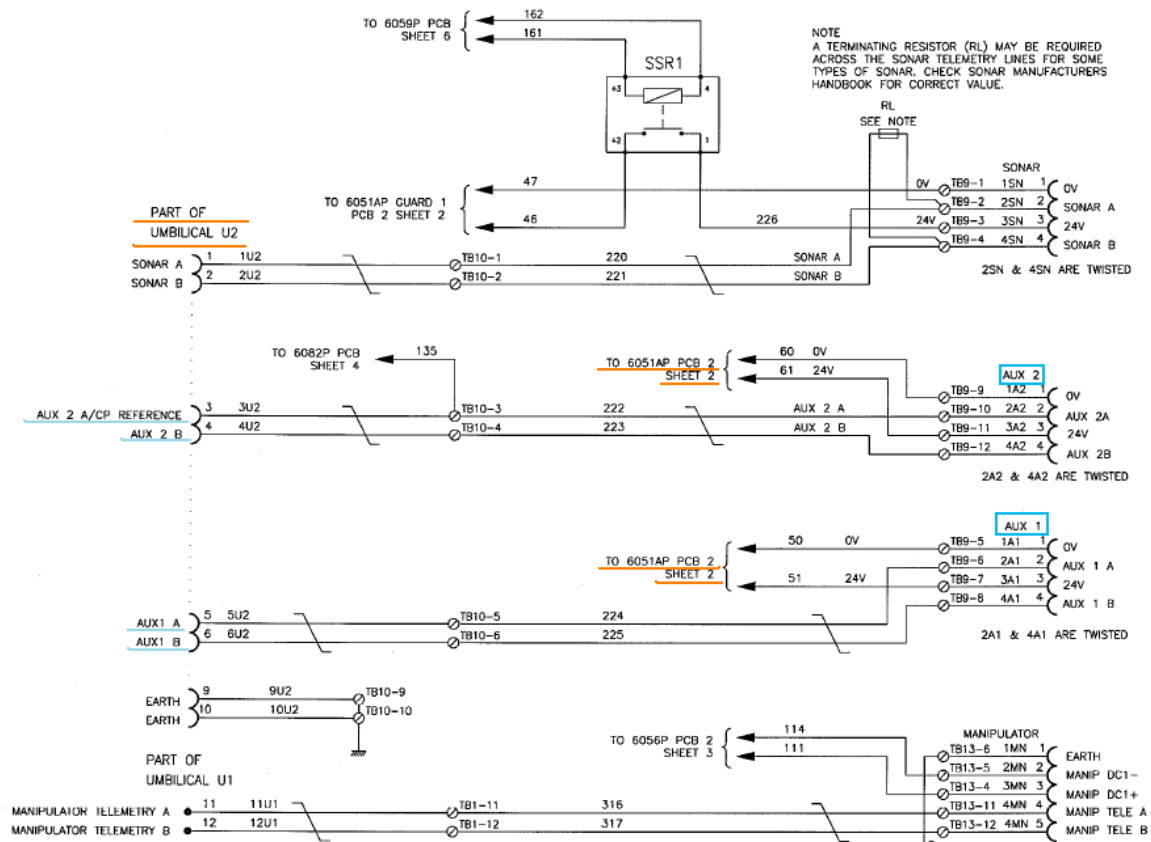


Fig. 4.9 Conexiones de salida del EPOD del ROV

Entre los diferentes dispositivos no solamente existen diferencia de protocolos, sino también cada uno requiere de un conector diferente que adapte los cables que entran o salen. Por ejemplo, la interfaz generalmente se hace por medio de una computadora con puertos serie o algunas paralelo; la Unidad de

superficie tiene conectores especiales imagen 1; a la salida del ROV en el EPOD también tiene un conector estándar circular de n número de contactos como en la imagen de abajo en el anexo se pueden ver mayores características y a la entrada del Dispositivo electrónico programable tiene una entrada para comunicación RS-232.

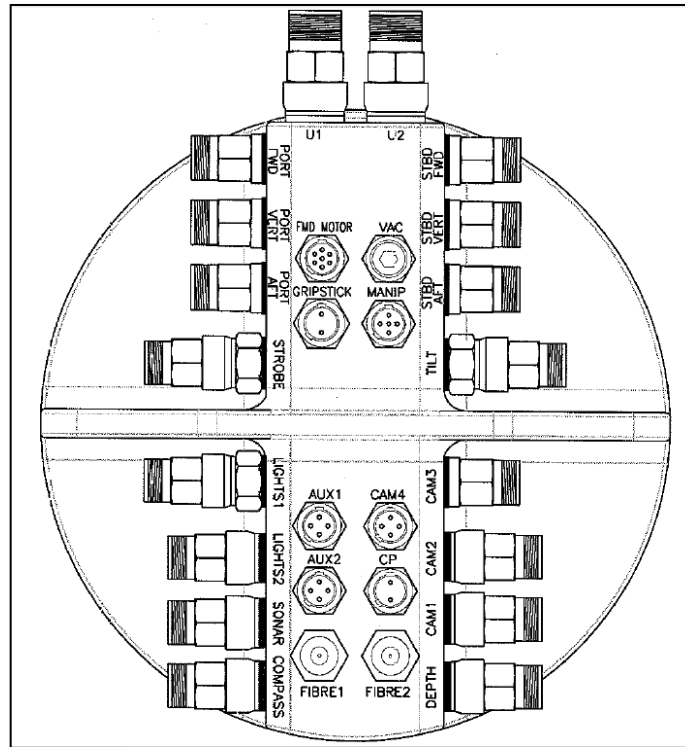


Fig. 4.10 Conectores afuera del EPOD. En la parte superior se encuentra la entrada de los conectores U1 y U2 y en la parte central los correspondientes a los AUX 1 y 2. Fuente [23]



Fig. 4.11 Fotografía del POD dentro del ROV Lynx. Fuente [23]

4.5 Procesamiento de la Información

Como se ha propuesto el objetivo es adaptar el ROV a la toma de muestras y por esto se decidió colocar el nuevo sistema. Lo ideal sería que realice en forma automática el muestreo “diciendo” al sistema qué es lo que requiere. Sin embargo, este proyecto aún está lejos de eso, por esta razón este trabajo solo llevará las bases de cada parte que está dentro del sistema y por supuesto el control.

Al procesar la información se toman decisiones en cuanto a qué se va a mover y por qué, esto se lleva a cabo por medio de un control programado. Aunque no es un automático, su configuración y concepción tiene los mismos fundamentos. El siguiente diagrama muestra un control *independientemente* del tipo de muestra, se considera un sistema de control de lazo cerrado.

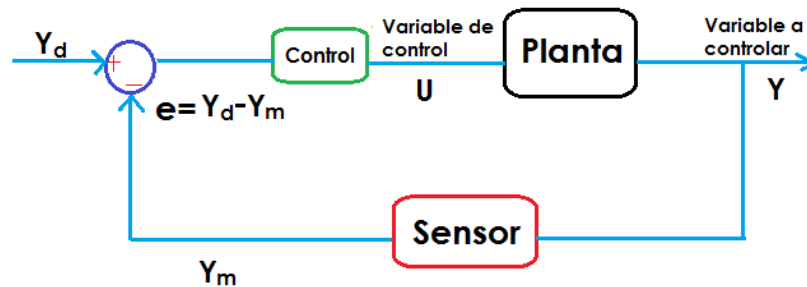


Fig. 4.12 Sistema de Control de Lazo Cerrado

Descripción [6]

PLANTA

Es el objeto o máquina que queremos controlar. La imagen anterior es el diagrama de control del sistema de muestreo en general, aquí considera *Planta* a cualquier actuador que pueda ser colocado en los Auxiliares adaptándose a los voltajes y conexiones independiente mente de la muestra, puede ser un motor, solenoide, etc.

VARIABLE A CONTROLAR

Es la cantidad o condición física que se mide o que se quiere controlar; es la salida que deseamos. Esto depende de cada actuador y su funcionalidad en el sistema. En motores podría ser la velocidad o posición angular. En el diagrama es “Y”

VARIABLE DE CONTROL

Es la cantidad o condición física que el controlador debe modificar para cambiar el valor de la variable a controlar. En muchos casos es el voltaje pero también depende del actuador y su función en el sistema. En el diagrama es “U”

CONTROLADOR

La definición de controlar es medir la variable a controlar del sistema aplicando la variable de control requerida para corregir o limitar una desviación del valor medido con respecto a un valor deseado. En este punto es donde interviene el sensor usado en muchos casos usa un transductor para convertir el tipo de señal de salida en otro parecido al de entrada para hacer la comparación.

Aquí debe haber un procesamiento de información, por esto interviene un dispositivo electrónico programable como el *Control*; éste tiene la capacidad de manejar diferentes tipos de señales ser programado dependiendo del actuador y su función.

Para cada muestra se hace un análisis semejante para conocer el sistema y como se controlara, el correspondiente a la toma de sedimentos se verá en el ejemplo.

4.6 Análisis eléctrico y de control para el uso del sistema de muestreo (Resumen) [23]

- **A la entrada del sistema**

Uso de entradas de los AUXILIARES 1 y 2 únicamente válidas y libres para su uso

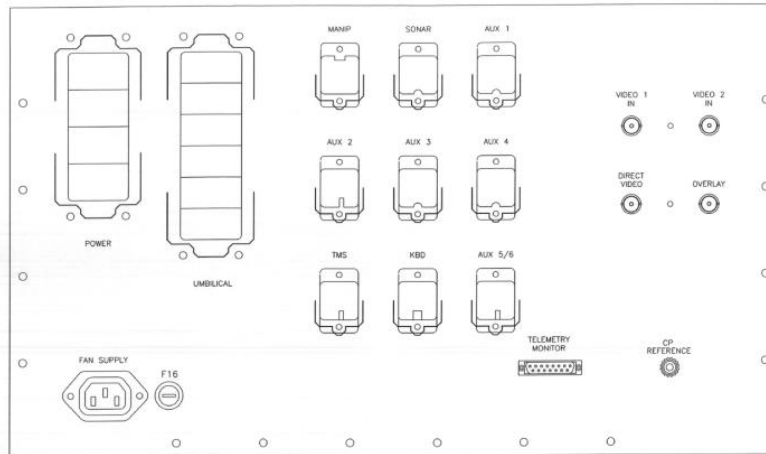


Fig. 4.5 Unidad de Superficie 10PDU.Vista Trasera

Estos dos auxiliares tienen la capacidad de actuar solos o independientemente uno del otro ya que son capaces de manejar la comunicación RS-485 cada uno.

- **Comunicación**

De acuerdo a los diagramas, únicamente los AUXILIARES 1 y 2 son los únicos que llegan directamente al ROV, sin embargo no hay tarjetas que hagan procesamiento de la información. Es una comunicación en el protocolo RS-485.

- **A la salida del sistema**

Hay dos cables que llevan la alimentación a la salida de los conectores de los Auxiliares provenientes de la tarjeta 6051AP PCB 2 dando 0 y 24 [V] a los pines TB9-9 y TB9-11 para el AUX 2 y pines TB9-5 y TB9-7 para el AUX 1.

Los cables de comunicación llegan a los pines TB9-10 y TB9-12 para el AUX 2 y pines TB9-6 y TB9-8 para el AUX 1.

CAPÍTULO 5. Diseño de la Base Modular

5.1 Condiciones iniciales de muestreo y ROV

Para la aplicación del *Sistema de Muestreo*, además de los alcances planteados, se deben tomar en cuenta las siguientes condiciones iniciales, las cuales están fuera de este trabajo, sin embargo son necesarias y se recomiendan para llevar a cabo un mejor muestreo de acuerdo al diseño.

Se parte de que:

- Ya se observó una buena imagen del lugar por medio de la cámara integrada en el ROV para tomar la muestra a partir de las Condiciones de muestreo (explicadas más abajo)
- Se tiene la suficiente destreza para el manejo del ROV

5.1.1 Condiciones para muestreo

Considerar las limitantes del ROV como: Máxima profundidad: 1500 metros, espacio suficiente para que el ROV tenga la maniobrabilidad para colocarse en la posición de toma de muestra.

- Elección o identificación de la zona y punto de muestreo de acuerdo las definiciones. Como están en la Definición de terminología en el cap. 1 en el edo. del arte.

5.1.2 Posición de toma de muestra

Tener apoyado la base sobre el fondo marino o donde se encuentre la muestra sin la necesidad de encender sus motores, estático o velocidad constante. “Estacionado” sin inclinaciones pronunciadas. Antes de llegar a este punto si es posible se puede hacer un levantamiento batimétrico para el reconocimiento del área y asegurar un fondo plano.

- El terreno permita la toma de muestras. Sea una superficie en su mayor parte de sedimentos y con mínimo aproximadamente 5 [cm] de espesor.

5.2 Definición base modular

Según la RAE [20], *módulo* es una pieza o conjunto unitario de piezas que se repiten en una construcción de cualquier tipo, para hacerla más fácil, regular y económica.

Al hablar de “Base Modular” no se hace referencia a la definición anterior como tal, sino se toma la idea de módulos dentro de un dispositivo, en este caso como parte del ROV. Aquí se pueden colocar y ajustar las necesidades del investigador pero principalmente elegir el tipo de muestra, ya que dentro de la base se podrán colocar uno o más de un módulo de muestreo. El número de módulos, y por ende tipos de muestras que se podrán obtener, depende de las características del ROV como la fuerza máxima de empuje, número de las hélices y espacio libre como se verá más adelante.

Se diseña la base con la idea de reducir u obtener un menor peso y menor costo debido al material y a la manufactura, utilizando materiales comunes en el mercado. Y además, se diseña antes que los módulos debido a dos razones. Primera, cuando hay varias incógnitas lo mejor es

hacer una “constante” bajo las condiciones que se quiera (obviamente las que el ROV obliga), de este modo, la base es la que permanecerá “constante” con respecto a los módulos debido a que por sus características de materiales, forma y fijación con el ROV en un momento dado podrían cambiar sin tener que considerar cada caso en particular. Esto trae la segunda razón, al ser lo primero en diseñarse se mantienen varias cosas sin cambios independientemente de la muestra, con esto los diseños de los módulos y elección de dispositivos deben ajustarse a la base y no al revés.

La elección de poner una base y no otro dispositivo, arreglo o diseño para la toma de muestras se debe a que el ROV tiene su TMS (Tether Management System) o *garage* donde se coloca el ROV antes de sumergirse y antes de salir a la superficie.



Fig. 5.1 TMS (Tether Management System). Fuente [23]

Este tiene la posibilidad de extenderse 15 [cm] verticalmente. Esta es la única posibilidad sin tener que adquirir equipos o modificar el diseño original del TMS y ROV corriendo el riesgo de dañarlos y con menores costos.

Debido a la consideración anterior se toman varias de las decisiones de diseño. Las siguientes imágenes muestran la evolución del ROV una vez que se extendió el TMS.

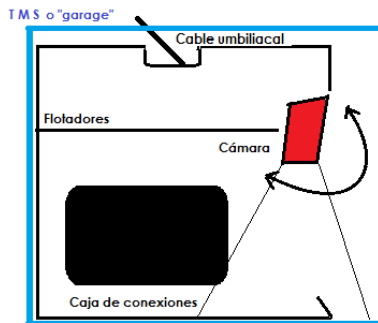


Fig. 5.2 ROV dentro del TMS

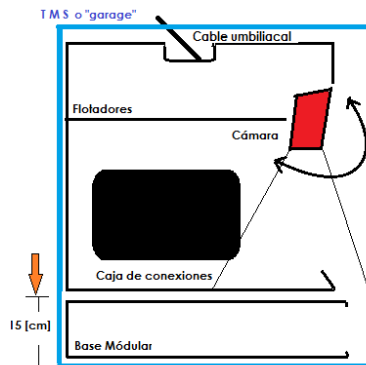


Fig. 5.3 ROV dentro del TMS extendido



Fig. 5.4 ROV dentro de su TMS y base con brazo robótico (fuera del alcance de este trabajo).Fuente[23]

5.3 Elección del material

Existen materiales comunes en la fabricación de dispositivos submarinos, la mayor parte son polímeros aunque dependiendo de la aplicación es el tipo que se usa. Para el material de la base se encontraron dos opciones muy recurrentes en aplicaciones marítimas: *Polipropileno* y

Polietileno, de características muy parecidas. Debido a sus similitudes es necesario elegir tomando en cuenta varios aspectos. Las propiedades de cada polímero están en el Anexo.

Una vez conocidas sus características (Anexo 10 y 11), en la siguiente matriz de decisión se muestra el resultado.

Los factores de selección que se proponen se obtuvieron al analizar las condiciones ambientales de trabajo.

<i>Factores importantes en la elección</i>																		
		Densidad		Resistencia a la Tracción		Res. A la compresión		Res. A la Flexión		Módulo de Elasticidad		Dureza		Coeficiente de dilatación lineal		Oxidación en condiciones normales		
Peso		10		6		8		7		9		3		5		4		
		Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Resultado
<i>Opciones</i>	Polipropileno	1	10	1	6	1	8	1	7	1	9	1	3	0	0	0	0	43
	Polietileno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	1	4	9

Tabla 5.1 Matriz de selección de material

Nota: Es 1 o 0 dependiendo cuál de los dos polímeros tiene el mejor valor de cada característica. Es una matriz de selección ponderada, cada factor tiene un peso específico de acuerdo a su importancia.

Entonces, el *Polipropileno* es la mejor opción.

5.4 Análisis estructural

5.4.1 Estructura del ROV

El objetivo de esta sección es establecer el mejor arreglo estructural para la base analizando y al determinar las fuerzas que se tienen en el ROV; así mismo, establecer la forma en que se sostendrá y unir la base con la estructura principal del ROV. El análisis será basado en una estructura denominada “armadura” definida en el libro de Estática del Autor Hibbeler [13], como sigue.

Una armadura es una estructura compuesta de miembros esbeltos unidos entre sí en sus puntos extremos. Las armaduras planas se tienden en un solo plano y a menudo son usadas para soportar techos y puentes. En el caso de un puente, como el mostrado en la figura 6-3a, la carga sobre la cubierta es transmitida primero a los largueros, luego a las vigas de piso, y finalmente a los nudos B, C y D de las dos armaduras laterales de soporte. Como la carga impuesta actúa en el mismo plano que la armadura, figura de abajo, el análisis de las fuerzas desarrolladas en los miembros de la armadura es bidimensional o coplanar, figura siguiente. Cuando las armaduras de puente o de techo se extienden sobre grandes distancias, comúnmente se usa un soporte o rodillo para soportar un extremo, por ejemplo, el nudo E en las figuras 6-2a y 6-3a. Este tipo de soporte permite la expansión o la contracción de los miembros debidos a los cambios de temperatura o a la aplicación de cargas.

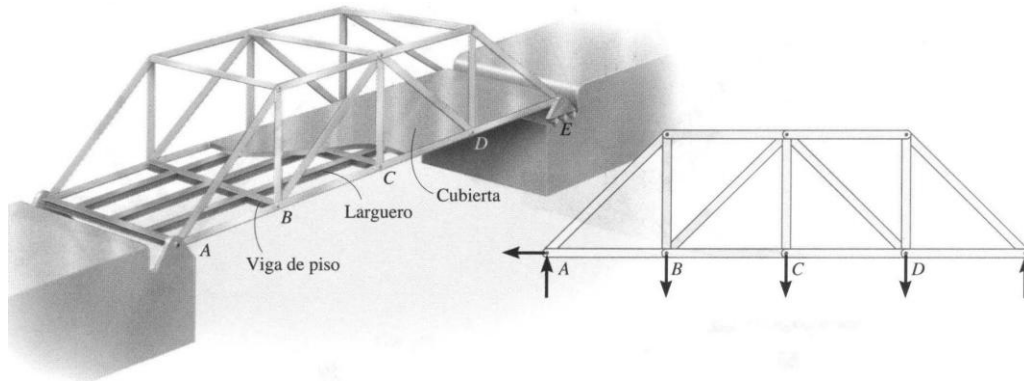


Fig. 5.5 Ejemplo de armadura, Estática, Hibbeler.

Una vez comprendido lo anterior, el análisis del ROV es el siguiente.

Se lleva a cabo como si fuera una armadura de un puente, que no tiene largueros ni vigas de piso pero tiene una base sólida que hace ese rol.

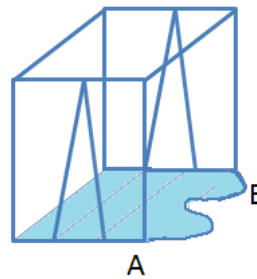


Fig. 5.6 Isométrico de la estructura del ROV

Debido a que la carga actúa en el mismo plano que la armadura, el análisis de las fuerzas desarrolladas en los miembros de la armadura es bidimensional y queda como sigue:

En la Fig 5.7 se aprecia las fuerzas que resultan de solo la aplicación del peso W del ROV y las reacciones que se producen por los tipos de apoyos. La parte con líneas punteadas es la que sobresale de la estructura, no se tomará en cuenta para los cálculos.

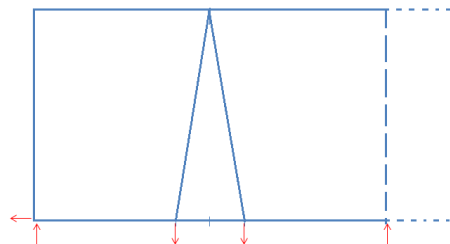


Fig. 5.7 Fuerzas en la estructura del ROV

En el diseño de la base la forma de la fuerza W cambia ya que no está aplicada puntualmente, se convierte en una fuerza distribuida ya que está totalmente apoyada en la superficie de la base.

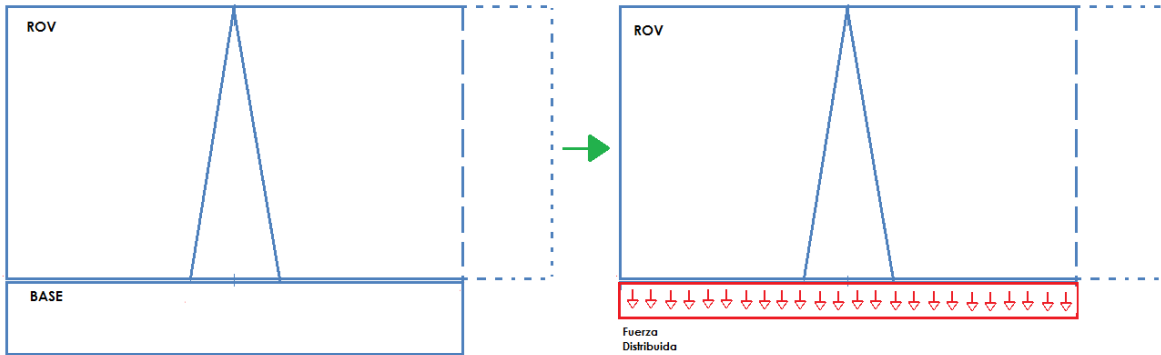


Fig. 5.8 Fuerza distribuida generada de la estructura del ROV

5.4.2 Estructura de la Base Patrón

El peso del ROV es $W = 175$ [kgF] sin lastre y 217 [kgF] con lastre. Estos pesos son en la superficie. Todos los cálculos se realizarán tomando en cuenta las cargas máximas y en la superficie debido a que es ahí donde las cargas son las más extremas, en agua las cargas disminuyen. Aunque en algunos casos se propondrán cargas para observar su comportamiento.

Para poder encontrar la mejor configuración se hace un análisis de la base que se puede adquirir en la empresa que comercializa el ROV como caso inicial, se le llamará “patrón”.

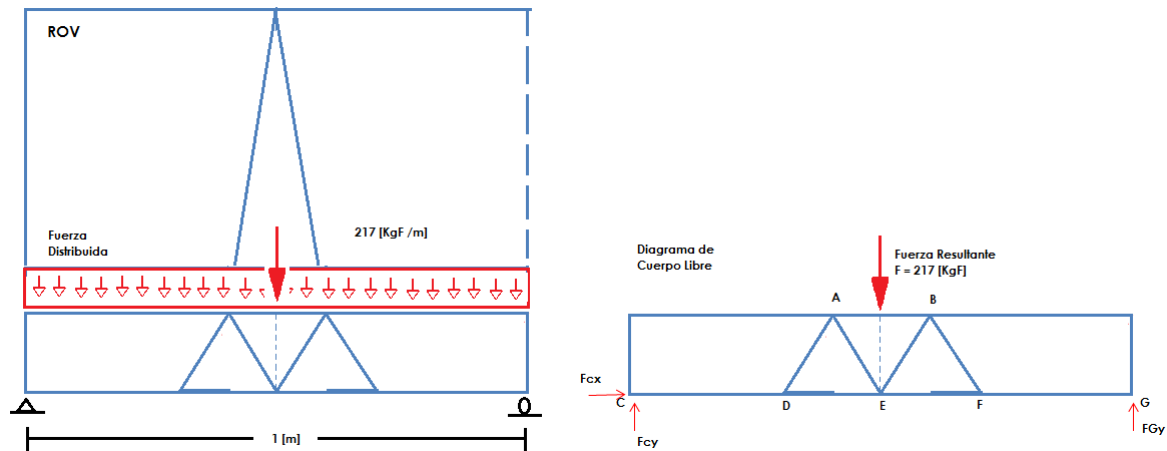


Fig. 5.9 Diagrama cuerpo libre ROV y base patrón. Sse muestra la carga distribuida que se genera al poner el ROV sobre una base; además, también el diagrama de cuerpo libre de la base patrón con soportes simples.

Sistema de ecuaciones resultante del diagrama de cuerpo libre:

$$\sum F_x = F_{Cx} = 0$$

$$\sum F_y = F_{Cy} + F_{Gy} = F = 217 \text{ [kgF]}$$

Como se está en equilibrio y en las mismas condiciones en el análisis externo de la estructura de la base

$$F_{Cy} = F_{Gy} = \frac{1}{2} 217 = 108.5 \text{ [kgF]}$$

Ahora bien, los puntos A y B en la base son simétricos, reciben la misma carga y su geometría es la misma, por lo tanto si se analiza un punto es equivalente a analizar ambos. De esta manera se examinará el punto A por medio del *método de las secciones*, descrito en el libro de estática del autor *Hibbeler* [13]:

El método de las secciones se usa para determinar las cargas que actúan dentro de un cuerpo. Este método se basa en el principio de que si un cuerpo está en equilibrio, entonces cualquier parte del cuerpo está también en equilibrio. Por ejemplo, Si las fuerzas dentro de miembros deben ser determinadas, entonces una sección imaginaria puede utilizarse para cortar cada miembro en dos partes y en consecuencia "exponer" cada fuerza interna como "externa".

Usando el principio de transmisibilidad se permite extender las fuerzas y luego descomponer las en sus componentes fuera de la sección escogida, el análisis queda de la siguiente forma.

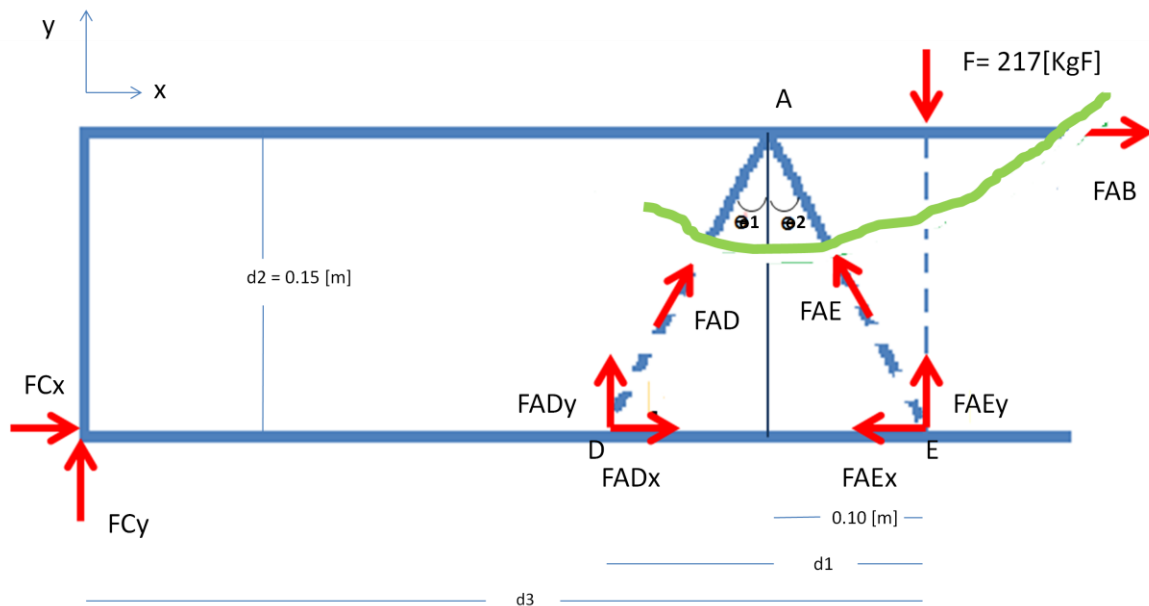


Fig. 5.10 Método de las secciones en la base patrón.

Queda un sistema de 3 ecuaciones con 3 incógnitas:

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0; \sum F_y = 0; \sum M_E = 0 \\ \sum F_x &= F_{AD} \text{sen} \theta_1 - F_{AE} \text{sen} \theta_2 + F_{AB} = 0 \\ \sum F_y &= F_{AD} \text{cos} \theta_1 + F_{AE} \text{cos} \theta_2 + 0 = 217 - 108.5 \\ + \curvearrowright \sum M_E &= F_{AD} d_1 \text{cos} \theta_1 + 0 + F_{AB} d_2 + F_{AB} = -108.5(d_3) \end{aligned}$$

Los ángulos de apertura de las barras de soporte son importantes para el diseño por esta razón se colocan como θ_1 y θ_2 ; pero por ahora y para este caso en particular se consideran $\theta_1 = \theta_2$,

Éste ángulo se calcula obteniendo la hipotenusa “h” del triángulo rectángulo formado por la base de 0.10 [m] y la altura de 0.15 [m]

$$h = \sqrt{10^2 + 15^2}$$

$$h = 18.02 \text{ cm}$$

entonces,

$$\text{angsen} \left(\frac{10}{18.02} \right)$$

$$\theta_1 = \theta_2 = 37.45^\circ$$

Resolviendo el sistema:

$$F_{AD} = -260.77 \text{ [kgF]}$$

$$F_{AE} = -391.186 \text{ [kgF]}$$

$$F_{AB} = -72.377 \text{ [kgF]}$$

Estas magnitudes se tomarán como base para decidir si otras opciones son aptas, es decir, están cerca a los valores calculados o en un caso ideal son menores, con el objetivo de estar siempre cerca de este diseño.

Además de tomar en cuenta los valores calculados de acuerdo al análisis anterior, es necesario también saber los límites de la estructura. Es decir, ahora se sabe los valores que soporta normalmente pero es muy recomendable conocer el valor de carga con el que falla y se rompe la estructura.

Según tablas (ver en el anexo) del Libro de selección de materiales para la ingeniería y adhesivos de Lawrence Fisher el Polipropileno tiene estos valores

Material	Esfuerzo a Tensión [ksi]	Esfuerzo a Compresión [ksi]
Polipropileno	4-5	5-8

Tabla 5.2 Esfuerzos a tensión y compresión del polipropileno

De acuerdo al análisis y también a los valores calculados indican que son fuerzas a compresión las actuantes en las barras. Por esta razón se usarán como referencia los de compresión y con el esfuerzo mínimo del intervalo que se propone en el libro.

Convirtiendo a unidades del SI:

$$5[\text{ksi}] \left(\frac{6.8948[\text{Mpa}]}{1[\text{ksi}]} \right) = 34.4738[\text{MPa}]$$

Ahora bien, el esfuerzo cortante se define:

$$\tau = \frac{\text{Fuerza}}{\text{área}}$$

Despejando la fuerza:

$$\text{Fuerza} = \tau * \text{área}$$

$$F = \tau * \text{área}$$

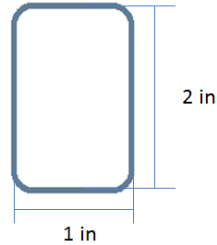


Fig.5.11 Sección transversal de la estructura

Área:

$$\begin{aligned} \text{área} &= 1[\text{in}] * 2[\text{in}] \\ \text{área} &= 2.54[\text{cm}] * 5[\text{cm}] \\ \text{área} &= 12.7 [\text{cm}^2] \end{aligned}$$

Convirtiendo los [cm] a [m]:

$$12.7 [\text{cm}^2] \left(\frac{1 [\text{m}^2]}{100^2 [\text{cm}^2]} \right) = 1.27 \times 10^{-3} [\text{m}^2]$$

Por lo tanto la Fuerza máxima a compresión que puede soportar el polipropileno para un área de $1.27 \times 10^{-3} [\text{m}^2]$ es:

$$\begin{aligned} F &= 34.4738 \times 10^6 [\text{Pa}] * 1.27 \times 10^{-3} [\text{m}^2] \\ F &= 43781.726 [\text{N}] \\ 43781.726 [\text{N}] \left(\frac{1 [\text{kgf}]}{9.8067 [\text{N}]} \right) &= 4464.47 [\text{kgf}] \approx 4.5 [\text{Ton}] \end{aligned}$$

Con este resultado nos damos cuenta que los datos calculados anteriormente para la estructura están muy bajos a comparación con la carga máxima.

5.4.3 Selección de estructura interna de la Base

A partir de este punto ya es posible hacer cálculos pero primero es conveniente elegir la estructura de la nueva base. Además del material, peso y espacio otro factor importante con el cual decidir si el diseño es benéfico para la toma de muestras es el apoyo-sujeción a los módulos dentro de la base.

Se tienen varias opciones posibles para modificar la base original, pero de éstas se elige la mejor por medio de estos factores propuestos:

- *Cantidad de material (menor al 5% extra).* Es necesario hacer uso de la energía, la potencia de empuje de las hélices y del espacio disponibles al 100%, por esta razón como decisión de diseño se quiere solo tomar un 5% disponible en cuanto a lo que se puede cargar.
- *Peso (no más de 500 g extras aprox.)* este es uno de los factores más importantes, el ROV tiene una carga efectiva de 36 Kg. Pero aún faltan los dispositivos mecánicos y eléctricos y sobre todo las muestras.
- *Ángulo de apertura θ mayor a 75° .* Esto como seguridad para que las barras no se abran más de 75° tomando como vértice los puntos del diagrama anterior. Para no generar un esfuerzo excesivo.

- *Mayor soporte central directo comparado con el original.* Para que el ROV este nivelado las partes más pesadas van en el centro de la base por esta razón esta parte necesita mayor soporte.

Nota: estos factores ayudan a descalificar opciones de acuerdo a parámetros conocidos propuestos, si el resultado no es el buscado se puede modificar para una segunda iteración.

Estas son las opciones:

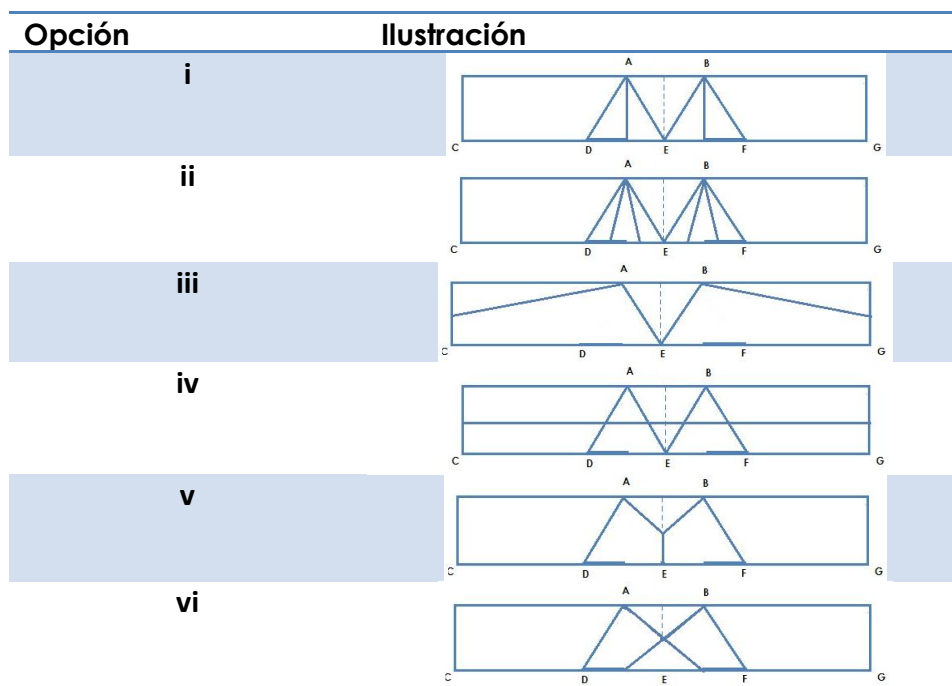


Fig. 5.12 Opciones de estructuras interna

Recordando que esta estructura es doble.

La matriz de decisión queda de la siguiente manera.

		<i>Factores de selección</i>								
		Cantidad de material (menor al 5% extra)		Peso (no más de 500 g extras aprox.)		ángulo de apertura mayor a 75°		Mayor soporte central directo comparado con el original		
Peso		6		10		9		7		
		Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Resultado
Opciones	i	1	6	1	10	1	9	0	0	
	ii	0	0	0	0	1	9	0	0	9
	iii	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	iv	0	0	0	0	1	9	1	7	16
	v	1	6	1	10	1	9	1	7	32
	vi	1	6	1	10	1	9	1	7	32

Tabla 5.3 Matriz de selección de la estructura interna de la base

El resultado arroja que las opciones “v” y “vi” cumplen con lo requerido. Ahora bien, la diferencia de uno y otro es el diseño de la parte media. En la opción “V” las fuerzas de 2 barras recaen en una sola vertical; en la opción “Vi” las fuerzas permanecen en las mismas barras solo que se cruzan en un punto.

Por naturaleza, el triángulo es la figura más estable y es usada en la mayor parte de las estructuras ya que es la armadura más simple, por esta razón y la no concentración de esfuerzos en una sola barra son las razones de elegir la opción Vi.

5.4.4 Estructura propuesta. Ángulo de Apertura y Soporte central

En principio se analizarán 3 casos: el primero es el caso normal u original (ya analizado anteriormente), el 2do. caso es donde las condiciones son intermedias, donde la geometría lo permite y existe una intersección de las barras justo a la mitad de la altura de la base. El tercer caso es cuando la barra que se mueve y toca el extremo de la otra estructura como se verá más adelante. Solo es hasta este extremo ya que si se sigue moviendo θ_2 más allá crea casos no aplicables.

El análisis es muy parecido al anterior, solo cambian algunas distancias entre las fuerzas actuantes. La siguiente imagen muestra como quedaría el análisis.

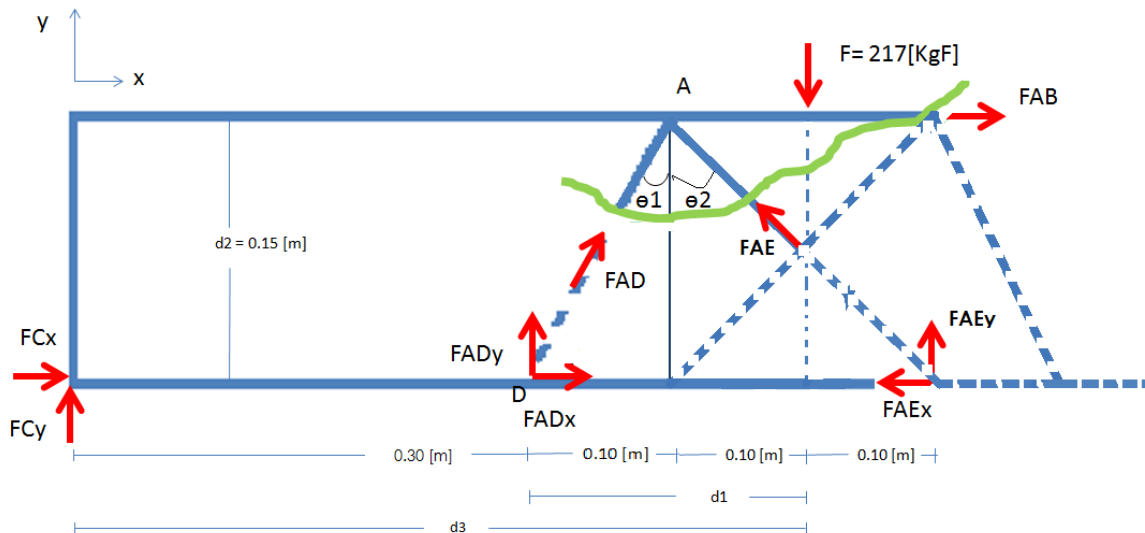


Fig. 5.13 Método de las secciones en la base propuesta segundo caso

Las ecuaciones permanecen iguales, solo cambia d_1 , d_2 y d_3 y la ecuación de Momentos:

$$\sum F_x = 0; \sum F_y = 0; \sum M_E = 0$$

$$\sum F_x = F_{AD} \text{sen} \theta_1 - F_{AE} \text{sen} \theta_2 + F_{AB} = 0$$

$$\sum F_y = F_{AD} \text{cos} \theta_1 + F_{AE} \text{cos} \theta_2 + 0 = 217 - 108.5$$

$$+\curvearrowright \sum M_E = F_{AD} d1 \cos\theta_1 + 0 + F_{AB}d2 + F_{AB} = -108.5(0.6) + 217(0.1)$$

Para calcular el ángulo θ_2 es similar solo cambia la base del triángulo, $b= 20 \text{ cm}$

$$h = \sqrt{20^2 + 15^2}$$

$$h = 25 \text{ cm}$$

entonces,

$$\text{angsen} \left(\frac{20}{25} \right)$$

$$\theta_2 = 59.033^\circ \text{ y } \theta_1 = 37.45^\circ$$

Resolviendo el sistema:

$$F_{AD} = -65.214 \text{ [KgF]}$$

$$F_{AE} = -271.263 \text{ [KgF]}$$

$$F_{AB} = -180.817 \text{ [KgF]}$$

Para el tercer caso:

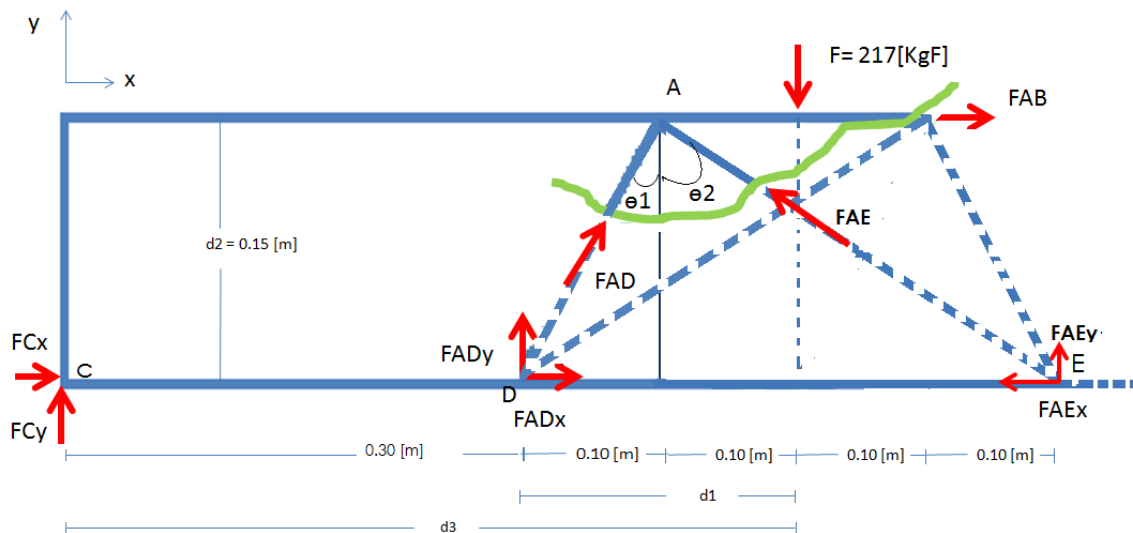


Fig. 5.14 Método de las secciones en la base propuesta tercer caso

Las ecuaciones permanecen iguales, solo cambia $d1$, $d2$ y $d3$ y la ecuación de Momentos:

$$\sum F_x = 0; \sum F_y = 0; \sum M_E = 0$$

$$\sum F_x = F_{AD} \text{sen}\theta_1 - F_{AE} \text{sen}\theta_2 + F_{AB} = 0$$

$$\sum F_y = F_{AD} \text{cos}\theta_1 + F_{AE} \text{cos}\theta_2 + 0 = 217 - 108.5$$

$$+\curvearrowright \sum M_E = F_{AD} d1 \cos\theta_1 + 0 + F_{AB}d2 + F_{AB} = -108.5(0.7) + 217(0.2)$$

Para calcular el ángulo θ_2 es similar solo cambia la base del triángulo, $b= 20 \text{ cm}$

$$h = \sqrt{30^2 + 15^2}$$

$$h = 15\sqrt{5} = 33.54 \text{ cm}$$

entonces,

$$\operatorname{angsen} \left(\frac{30}{33.54} \right)$$

$$\theta_2 = 70.48^\circ \text{ y } \theta_1 = 37.45^\circ$$

Resolviendo el sistema:

$$\begin{aligned} F_{AD} &= 0 \text{ [KgF]} \\ F_{AE} &= -242.62 \text{ [KgF]} \\ F_{AB} &= -217 \text{ [KgF]} \end{aligned}$$

Resultados

	Caso 1 [KgF]	Caso 2 [KgF]	Caso 3 [KgF]
F_{AD}	-260.77	-65.214	0
F_{AE}	-391.186	-271.263	-242.62
F_{AB}	-72.377	-180.817	-217

Tabla 5.4 Resultados de análisis de casos propuestos y base patrón

Como se observa la barra F_{AD} , entre más se va abriendo θ_2 tiene menos carga. F_{AE} permanece en un intervalo de valores cercanos al valor inicial, pero además es menor la carga. F_{AB} , el miembro intermedio que se comparte con la estructura simétrica es el más “afectado”, ya que en siempre va aumentando su carga y en el caso 3, el extremo, se triplica su valor.

Con lo anterior se encuentra que la mejor estructura es la del caso 2

	Caso 2 [KgF]
F_{AD}	-65.214
F_{AE}	-271.263
F_{AB}	-180.817

Tabla 5.5 Resultados de análisis de opción elegida, caso dos

Aquí el valor máximo es de -180.817 [KgF] que corresponde a 1.779 [kN] y a su vez provoca un esfuerzo de tan solo 1.406 [MPa] , muy alejado de los 34.473 [MPa] o casi 4.5 [ton] de fuerza necesarios para la falla (analizado previamente). Obviamente ninguno de los casos llega a este extremo por lo cual ninguno fallará. No obstante, no es el único requerimiento de diseño, de hecho éste es indirecto de los tomados en cuenta para a la elección.

Ahora que se sabe que de la propuesta elegida se tienen varias configuraciones ninguna fallará debido a la carga que tiene el ROV. Por esta razón se propondrán dos opciones más y se analizarán de acuerdo a los factores de selección.

En los siguientes casos θ_1 variará y θ_2 será constante.

Caso 2 (Simétrico)

$$\theta_2 = \theta_1 = 59.033^\circ$$

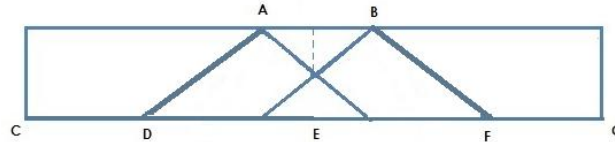


Fig. 5.15 Estructura caso simétrico

Resolviendo el sistema:

$$\begin{aligned}F_{AD} &= -90.42 \text{ [KgF]} \\F_{AE} &= -271.25 \text{ [KgF]} \\F_{AB} &= -144.666 \text{ [KgF]}\end{aligned}$$

Estos resultados dirigen hacia que si se sigue abriendo $\theta_1 F_{AB}$ será menor, por lo tanto se presenta el siguiente caso. Aquí ya no se mueve θ_2 y se queda en 59.033° ya que como se vio en el caso 3 la carga en F_{AD} se va a 0 [KgF], lo que significa un miembro totalmente inútil; además en esta abertura se mantiene con un soporte en forma de “X” a la mitad del tamaño de la base junto con su figura simétrica.

Entonces con $\theta_2 59.033^\circ$ y $\theta_1 = 70.48^\circ$

Resolviendo el sistema:

$$\begin{aligned}F_{AD} &= -121.31 \text{ [KgF]} \\F_{AE} &= -271.25 \text{ [KgF]} \\F_{AB} &= -108.5 \text{ [KgF]}\end{aligned}$$

Se observa que F_{AB} continúa bajando pero ahora está dentro del límite permitido, por lo tanto esta es la mejor estructura.

En la figura 5.16 se muestra el caso extendido donde todos los miembros tienen los valores más bajos y tienen un mayor alcance para la sujeción de los módulos y dispositivos internos.

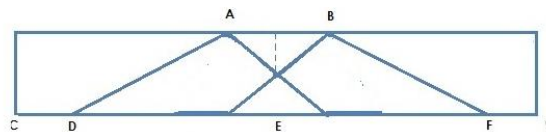


Fig. 5.16 Estructura caso extendido

5.5 Análisis de Volumen, Peso

La fig. 5.17 muestra la estructura “patrón”, una vez más se toma como valor inicial:

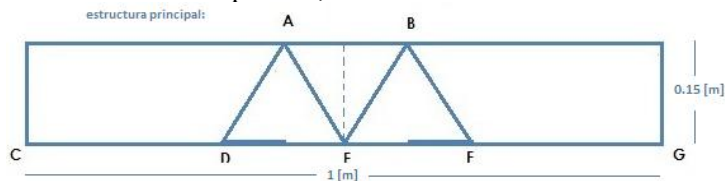


Fig. 5.17 Estructura base patrón

Considerando los miembros del rectángulo externo que se mantendrán como constantes y su peso también:

$$V = [4((15)(5)(2.5)) + 4((100)(5)(2.5))][cm^3]$$

$$V = [750 + 5000][cm^3]$$

$$V = [5750][cm^3]$$

Como el peso específico del polipropileno es

$$Peso\ específico = 0.91 \left[\frac{gr}{cm^3} \right]$$

entonces el peso

$$Peso = \left(0.91 \left[\frac{gr}{cm^3} \right] \right) (5750[cm^3])$$

$$Peso = 5.2325 [kg]$$

De una carga útil de 37 [kg].

Considerando solo los miembros de la parte interna tiene un volumen:

$$V = 8((18.02)(5)(2.5))$$

$$V = 1802 [cm^3]$$

Son 8 miembros incluyendo los dos lados de toda la estructura. La hipotenusa de los triángulos rectángulos tiene un valor de $h=18.02$ [cm] y el área considerada es de 1[in] de ancho por 2[in] de alto.

entonces el peso

$$Peso = \left(0.91 \left[\frac{gr}{cm^3} \right] \right) (1802[cm^3])$$

$$Peso = 1.639 [kg]$$

Los factores de selección o límites son que tienen que tener tan solo un aumento de 5 [%] en volumen y/o como máximo 500 [gr] extras de los valores de la base “patrón”

El 5 [%] de $1802 [cm^3] = 90.1 [cm^3]$, por lo tanto:

$$Volumen_{Máx} = 1892.1 [cm^3]$$

Y el peso máximo:

$$Peso_{Máx} = 1.639 + 0.500 [kg]$$

$$Peso_{Máx} = 2.139[kg]$$

Para el caso 2:

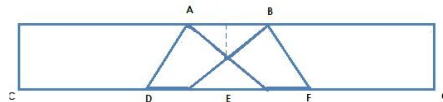


Fig. 5.18 Estructura caso 2

$$V = [4((25)(5)(2.5)) + 4((18.02)(5)(2.5))][cm^3]$$

$$V = [1250 + 901][cm^3]$$

$$V = 2151[cm^3]$$

equivalentes en peso

$$Peso = \left(0.91 \left[\frac{gr}{cm^3} \right] \right) (2151[cm^3])$$

$$Peso = 1.957 [kg]$$

Con estos resultados se identifica que tan solo en el caso 2 donde no se modifica mucho la estructura el volumen se excedió y el peso apenas está dentro del límite.

Por sentido común las demás estructuras estarán fuera de los dos factores de selección, ya que las medidas de los triángulos se incrementan lo suficiente para superarlas, del caso 1 o “patrón” se aumenta tan solo 7 [cm] la hipotenusa del triángulo, al siguiente caso es de 8[cm] aprox. Por esto, ésta estructura es la única que cumple con al menos el factor más importante: El peso; ya que la estructura está diseñada solo para que ocupe un sitio específico el cual no interfiere con los dispositivos internos.

La realidad es que se busca que el volumen aumente para que tenga más lugares donde se puedan sujetar los dispositivos, por esta razón se analizará el caso donde el volumen es el máximo. Este solo es un caso donde se le puede dar más tolerancia al peso de la base.

Este caso es el de esta figura:

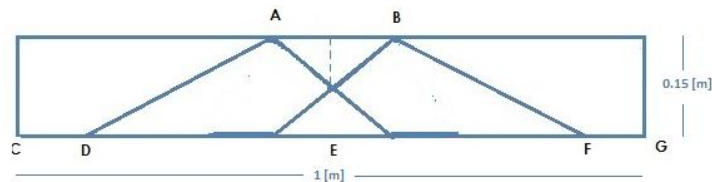


Fig. 5.16 Estructura caso extendido

$$V = [4((33.54)(5)(2.5)) + 4((25)(5)(2.5))][cm^3]$$

$$V = [1677 + 1250][cm^3]$$

$$V = 2927[cm^3]$$

equivalentes en peso

$$Peso = \left(0.91 \left[\frac{gr}{cm^3}\right]\right) (2927[cm^3])$$

$$Peso = 2.663 [kg]$$

Este resultado indica que si se quiere colocar la estructura más estable con mayor volumen tendrá solo 1[kg] más que la estructura “patrón”.

5.6 Sujeción de estructuras

Para encontrar la estructura de la base los cálculos se basaron en un caso: cuando el ROV está recargado completamente sobre la base, esto genera una carga distribuida como se contemplo anteriormente.

En algunos casos se presentan una fuerza sobre la base de forma diferente debido a esto es necesario calcular y conocer como se unen las estructuras para resistir las diferentes cargas.

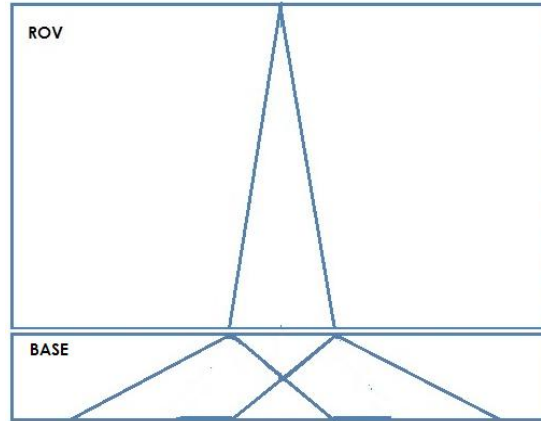


Fig. 5.19 Unión de estructuras ROV y base. La configuración ROV-base sin unión. La estructura de la base es independiente a la carga generada sobre ésta por eso se eligió este modelo de base.

De igual manera que en la base, un factor importante es el peso que se le agregue para la unión de las estructuras (por ejemplo, tornillos, barras, etc.), aunque podría ser poco comparado con los dispositivos y módulos que se montarán es un ahorro de energía necesario para este tipo de aplicaciones.

El ROV y la base no es necesario que estén completamente pegados debido a que la base solo es un accesorio para actividades extra desmontable, pero sí requiere puntos de sujeción para mantener la estructura unida y sin peligro de perderla en una jornada de trabajo. Existen varias opciones para colocar uniones, la siguiente es una de éstas.

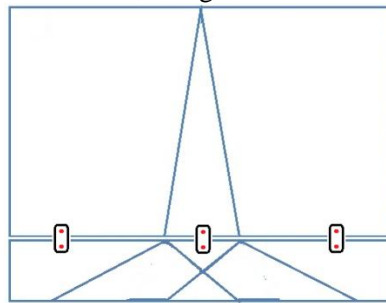


Fig. 5.20 Unión de estructuras y con 3 eslabones con pernos

En general, se busca la menor cantidad de material en el ROV, se usara solo un par justo donde se concentran los esfuerzos, basados en los siguientes casos y análisis.

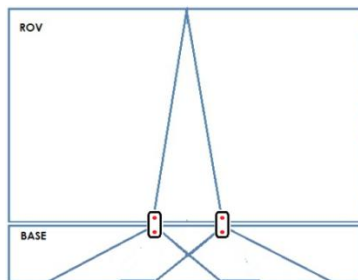


Fig. 5.21 Unión de estructuras y con 2 eslabones con pernos

Casos específicos a los que se enfrentan los eslabones:

- Cargar su propio peso. El ROV no permanece en el agua todo el tiempo, también es transportado a diferentes lugares y debido a su peso una grúa es quien lo levanta con un cable. Éste transmite una fuerza en tensión que llega hasta el eslabón.

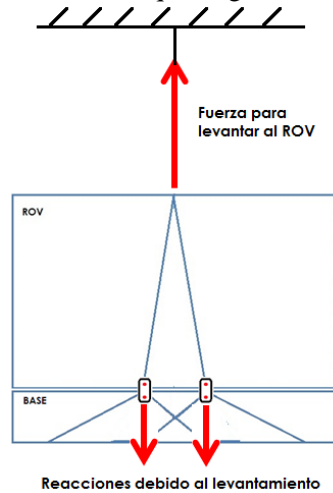


Fig. 5.22 Fuerzas en tensión actuando en la estructura unida

- Debido al manejo dentro del agua puede existir choques con rocas o estructuras que no se pueden esquivar, algunas de esas pueden solo golpear la base
- Corrientes marinas, existen algunas muy fuertes que pueden “arrebatar” la base

Para estos casos se realiza el siguiente análisis de esfuerzos.

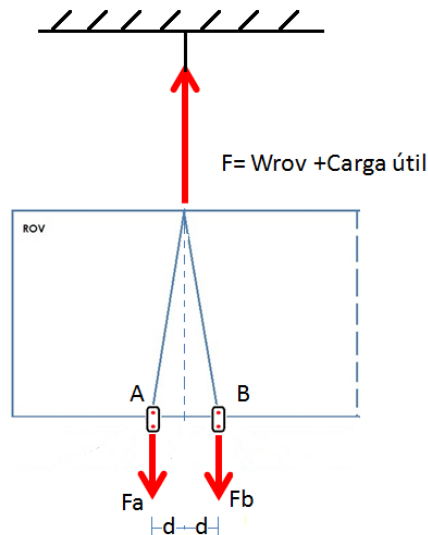


Fig. 5.23 Diagrama de cuerpo libre de la estructura del ROV con los eslabones

Para encontrar las Reacciones F_a y F_b : $+ \curvearrowright \sum M_A = 0$

$$+ \curvearrowright \sum M_A = -Fd + F_b(2d) = 0$$

$$F_b = \frac{Fd}{2d} \quad ; \quad F_b = \frac{F}{2}$$

$$+ \curvearrowright \sum M_B = 0$$

$$+ \curvearrowright \sum M_B = Fd - F_a(2d) = 0$$

$$F_a = \frac{Fd}{2d}$$

$$F_a = \frac{F}{2}$$

$$\Rightarrow F_a = F_b$$

Sabemos que el peso del ROV con lastre es $W = 217$ [KgF] y que la carga útil es $CU = 37$ [Kg].

$$F = W + CU$$

$$F = 217 \text{ [KgF]} + 37 \text{ [KgF]}$$

$$F = 254 \text{ [KgF]}$$

$$F = 254 \text{ [KgF]} \left(\frac{9.8067 \text{ [N]}}{1 \text{ [KgF]}} \right)$$

$$F = 2.490 \text{ [kN]} \approx 2.5 \text{ [kN]}$$

$$F_a = F_b = \frac{F}{2} = 1.25 \text{ [kN]}$$

Calculando usando la Fuerza máxima de empuje de las hélices

$$F = W + F_{hélice}$$

$$F = 217 \text{ [KgF]} + 69 \text{ [KgF]}$$

$$F = 286 \text{ [KgF]}$$

$$F = 286 \text{ [KgF]} \left(\frac{9.8067 \text{ [N]}}{1 \text{ [KgF]}} \right)$$

$$F = 2.804 \text{ [kN]}$$

$$F_a = F_b = \frac{F}{2} = 1.402 \text{ [kN]}$$

Cuando la estructura del ROV no está recargada sobre la base se crea al mismo tiempo un esfuerzo cortante en el área del pasador. Por esta razón se elige un material cuyas propiedades puedan soportar las cargas y no fallar durante su uso y con esto especificar sus dimensiones.

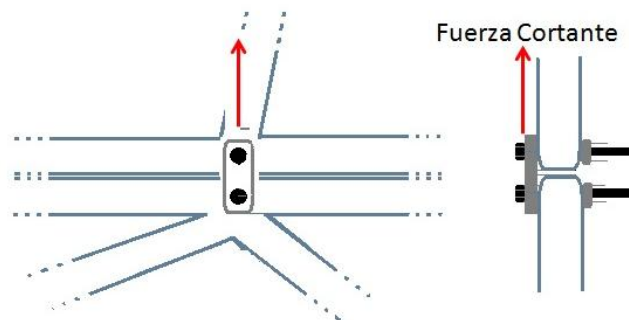


Fig. 5.24 Acción de la fuerza en el eslabón.

En la primera imagen está representada la fuerza en tensión sobre la estructura. En la segunda imagen se muestra una fuerza que actúa tangencialmente al área de los pasadores o tornillos.

El material no es una incógnita, se propone el Acero Inoxidable 304 debido a sus excelentes propiedades frente a las condiciones de corrosión (ver Anexo 12)

Cuyas características son:

- Cortante último: 185 [ksi] (ver tabla en Anexo)
- Con un Factor de seguridad (propuesto): 2.5

Por lo tanto el Cortante admisible

$$\tau_{adm} = \frac{\tau_{\text{último}}}{\text{factor de seguridad}}$$

$$\tau_{adm} = \frac{185[\text{ksi}]}{2.5}$$

$$\tau_{adm} = 74 [\text{ksi}]$$

Con estos datos y la fuerza calculada que resiste se calcula diámetro del pasador:

$$\tau_{adm} = \frac{F}{A}$$

Despejando el área: $A = \frac{F}{\tau_{adm}}$ y además La fuerza que se contempla es

$$F = 1.4[\text{kN}] \left(\frac{0.22481[\text{klib}]}{1[\text{kN}]} \right) = 0.315[\text{klib}]$$

$$A = \frac{F}{\tau_{adm}} = \frac{0.315 [\text{klib}]}{74 \left[\frac{\text{klib}}{\text{in}^2} \right]} = 4.253 \times 10^{-3} [\text{in}^2],$$

pero son dos pernos

$$A = 2.127 \times 10^{-3} [\text{in}^2],$$

y el área se define como:

$$A = \pi \frac{d^2}{4}$$

despejando el diametro:

$$d = \sqrt{(A) \left(\frac{4}{\pi} \right)}; d = 0.052 [\text{in}] \left(\frac{25.4[\text{mm}]}{1[\text{in}]} \right)$$

$$d_{min} = 1.321[\text{mm}]$$

El diámetro mínimo es $d_{min} = 1.321[\text{mm}]$ cualquier otro más grande soporta sin problemas la carga de 1.4[kN], esto es con un factor de seguridad de 2.5.

Si no se usa factor de seguridad el $d_{min} = 0.836[\text{mm}]$

Son diámetros muy pequeños para la carga mínima 1.4[kN], pero se considerará una fuerza 10 veces mayor, es decir 14[kN] para posibles fuerzas dinámicas que se pueda encontrar en su uso o transportación.

Haciendo el mismo calculo que antes y con un factor de seguridad de 2.5

$$d_{min} = 4.18[mm]$$

El cual el diámetro comercial más cercano es de

$$d_{min} = \frac{3}{16}[in] = 4.762[mm]. \text{ Fuente}[9]$$

Con una longitud de 1 ½ [in] para cubrir el ancho de la estructura más tuercas y un eslabón o barra, como se aprecia en la siguiente imagen.



Fig. 5.25 Vista lateral y ejemplo de tornillos de acero inox.304 Allen cabeza cilíndrica y colocación de los tornillos. Fuente [9]

5.7 Eslabón

Se propone un eslabón o barra de ancho del triple que el diámetro que el tornillo (por lo menos por este caso) $4.762[mm] \times 3 = 14.286[mm] \approx 15[mm]$ y alto de 80 [mm] de altura con 50 [mm] entre barrenos.

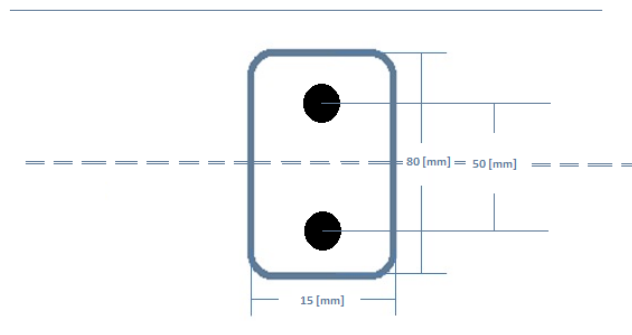


Fig. 5.26 Medidas eslabón

$$\text{Área en la sección del perno} = (0.015)(0.050 - 0.004762) = 6.7857 \times 10^{-4} [m^2]$$

Entonces el esfuerzo en tensión del eslabón, tomando en cuenta la misma consideración de la fuerza dinámica y dos áreas es:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{14 \times 10^3 [N]}{6.7857 \times 10^{-4} [m^2]} = 10.31 [Mpa]$$

Usando el mismo material Acero inoxidable 304 las tablas de esfuerzo a tensión encontradas en el anexo dicen que es:

$$\sigma_{tensión} = 82.4 [ksi] = 568,132 [Mpa]$$

Lo que indican que no fallara en tensión esta barra y se puede colocar una barra mucho más grande.

5.8 Distribución del Espacio de Trabajo

Uno de los puntos determinantes de este proyecto es el uso de la cámara de video equipada en el ROV, sin ésta la toma de muestras sería como cualquier otra desde la superficie, prácticamente a ciegas (como normalmente se hace). Habitualmente la cámara tiene esta posición

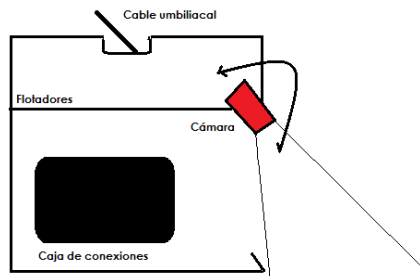


Fig. 5. 27 Posición habitual de la cámara de video

Como se aprecia tiene un campo de visión principalmente hacia adelante. Pero lo que se requiere ahora es que pueda observar las maniobras debajo de la cámara para poder observar la toma de muestras.

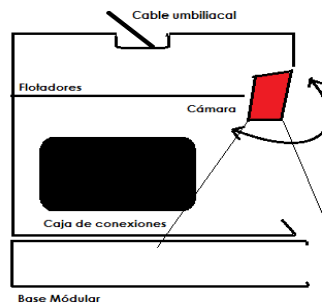


Fig. 5. 28 Rango de visión de la cámara hacia la parte baja

Como la cámara puede tomar video en un amplio ángulo la base podría usarse de dos formas: una que se despliegue hacia adelante del ROV para tener más longitud de movimiento o fija.

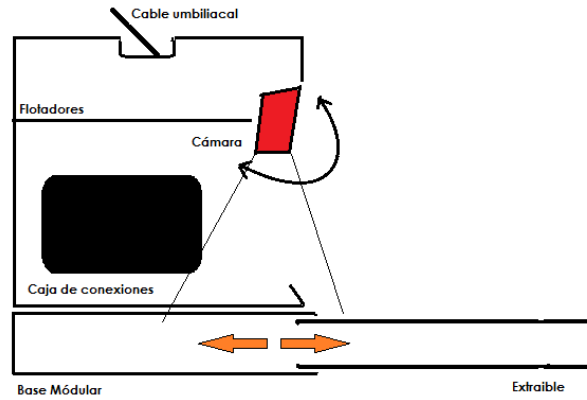


Fig. 5. 29 Rango de visión hacia la parte baja

Para que la cámara de video tenga la capacidad de observar las actividades e incrementar el área de trabajo o que no se desplace pero se tiene que modificar la base para que la cámara observe lo más posible. La cámara tiene 91° de visión en Agua, otras características están en el Anexo 6. En la tabla 5.6 se colocan las ventajas y desventajas de cada una.

Base Móvil	
Ventajas	Desventajas
Plena observación sin modificar el sistema de visión	Necesita un grado de libertad extra por lo menos.
Mayor espacio para guardar las muestras y para las maniobras de muestreo	Más componentes = más peso soportado por el ROV
Mejor distribución de los elementos	Mayor espacio a considerar en el momento de estacionar el ROV y la toma de muestra. No es posible llevarlo a lugares de pequeñas dimensiones.
	Posible barra en cantiléver con fuerzas y momentos actuando sobre la base desplegable.
	Mayor posibilidad de atoramientos, desajustes e imprevistos durante la toma de muestras debido al mecanismo extra.
	Aumento de la complejidad en el sistema para hacer funcionar dos sistemas (muestreo y movimiento de la base)
Base Fija	
Ventajas	Desventajas
No hay elementos extra que hacen más pesado y grande al ROV	Es necesario una modificación en el ángulo de visión para que la cámara vea lo muestreado
Uso de recursos específicamente para la recolección de muestras	No tiene espacio extra, se limita al destinado desde un principio
La complejidad solo reside en el diseño del muestreador	Menor capacidad para resguardar y para dispositivo de muestreo.

Tabla 5.6 Ventajas y desventajas base móvil y fija

No es necesario hacer una matriz de decisión ya que los puntos referidos en las desventajas de la Base móvil muestran los puntos críticos que se quieren evitar en el diseño, como un peso excesivo y el aumento en la complejidad principalmente, debido a esto la *Base Fija* es la elegida.

5.9 Forma de la base

Vista Superior

La forma de la base tiene los 4 puntos de balance (cuatro esquinas) como se definió en un principio para la mejor toma de muestras, tiene una abertura donde se lleva a cabo la toma de muestras y la cámara tiene el mayor campo de visión de lo que está sucediendo.

La base es plana para la transmisión de cargas y la colocación de diversos dispositivos en su interior y la facilidad de hacer barrenos para su uso. No tiene partes huecas debido a que se debilitaría

Vista Trasera

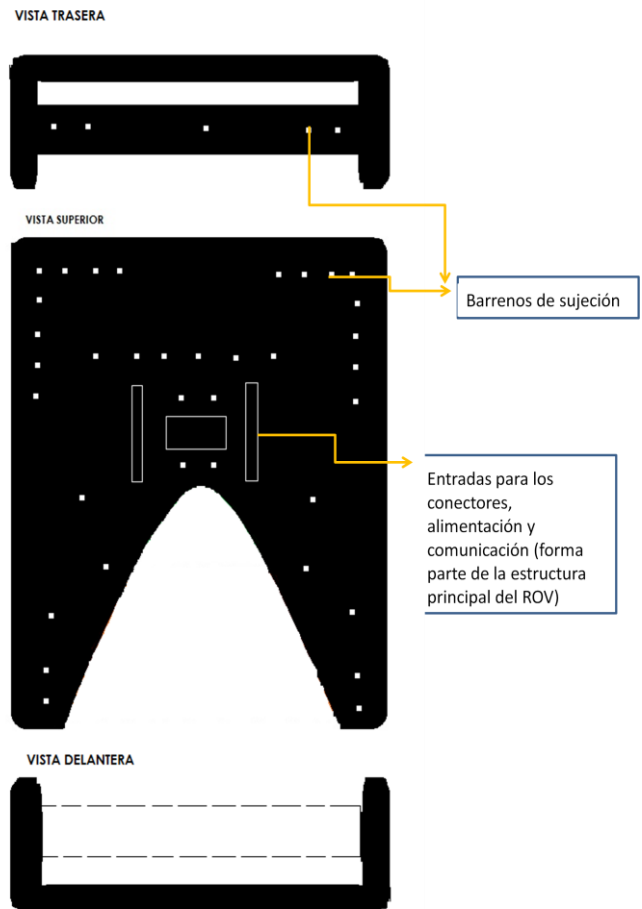
Tiene una barra de soporte entre las estructuras para una mejor transmisión de cargas.

5.10 Disposición propuesta de los elementos dentro de la base del ROV

El espacio dentro del ROV es limitado, y por ahora no se conocen a detalle los elementos con que contarán los muestreadores; la disposición será general para aprovechar al máximo el área designada o espacio de trabajo, tomando las siguientes consideraciones:

1. Es muy posible que se requiera un sistema de contrapeso que balancee al ROV mientras se toman las muestras. Pero en ocasiones es posible balancearlo con los mismos pesos y contrapesos del ROV, en ese caso esa área pasa a ser parte de las otras dos obediendo las necesidades que se tengan.
Área azul.
2. Se colocaran los objetos más pesados en el centro para balancear el ROV y permitir que el órgano terminal del muestreador tenga toda la libertad para moverse.
Área verde.
3. En el área designada para muestreo se colocará el (los) órgano(s) terminal(es) del mecanismo para su movilidad y espacio para almacenamiento de la muestra. También debe estar en esa posición ya que la cámara tiene su campo de visión en esa parte.
Área anaranjada
4. La forma de la base en su parte más baja permite que los diferentes muestreadores tengan espacio libre para tomar su muestra
5. La razón de colocar el área de almacenamiento en la parte frontal es debido a que una vez dentro del TMS la parte más cercana al usuario es esta precisamente, lo que facilita la obtención de la muestra (s).

Fig. 5.30 Forma de la base



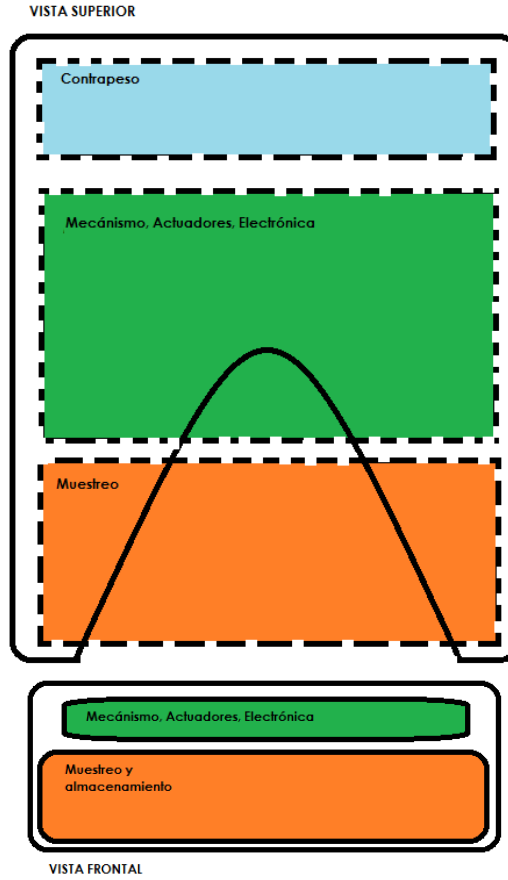


Fig. 5.31 Uso sugerido de las áreas de la base. Esto puede variar un poco dependiendo de la muestra, pero en general es el arreglo más balanceado; el área de verde y anaranjada prácticamente están en el mismo sitio

5.11 Dibujo asistido por Computadora (CAD)

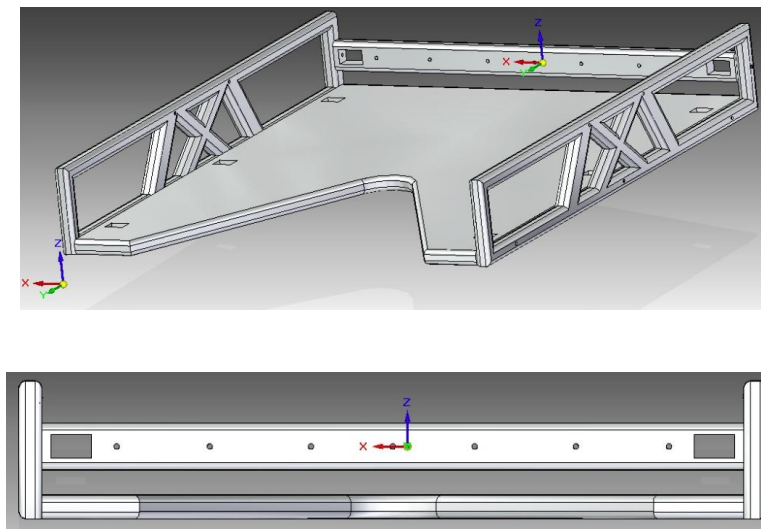


Fig. 5.32 Imágenes creadas con el Software de CAD Solid Edge ST. Los planos se encuentran en el Anexo 13

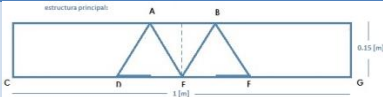
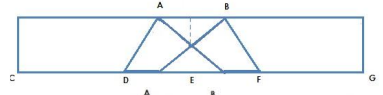
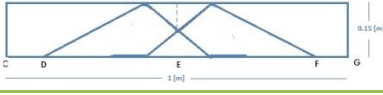
5.11 Diseño de la base modular (resumen)

- **Selección de material: Polipropileno**

Fuerza máxima a compresión para un $\text{área} = 1[\text{in}] * 2[\text{in}]$ (área de las barras de polipropileno) con un esfuerzo a compresión de $5[\text{ksi}] = 34.4738[\text{MPa}]$ (Libro selección de materiales).

$$F \approx 4.5 [\text{Ton}]$$

- **Mejores Estructuras Propuestas**

Opción	Ilustración	Peso [kg]	Volumen material [cm ³]	Magnitud de máx. fuerza aplicada [kgF]
“Patrón”		2.139 *	1892.1 *	391.186
i		1.957	2151	271.263
ii		2.663	2927	271.25

*Valores Reales: Peso: 1.639 [kg], Volumen: 1802 [cm³]. Los valores puestos en la tabla son los límites propuestos de selección, 500 [gr] y 5% del volumen inicial extras.

Carga útil: 37 [kg]

El peso de las barras que no varían (externas): $Peso = 5.2325 [\text{kg}]$

- **Esfuerzo Cortante sobre pasadores de sujeción de la unión ROV-BASE**

Fuerza cortante debido al peso y a la carga útil: 1.25 [kN]

Fuerza cortante debido a la máx. fuerza de empuje de las hélices: 1.402 [kN]

- **Material utilizado para los pasadores (tornillos)**

Acero Inoxidable 304

- Cortante último: 185 [ksi] (ver tabla en Anexo)
- Con un Factor de seguridad (propuesto): 2.5
- $\tau_{adm} = 74 [\text{ksi}]$

Con estos datos y además a la máx. fuerza de empuje de las hélices (ya que es la más grande que se aplica) se calcula el diámetro mínimo del pasador:

$$d_{min} = 1.321[\text{mm}]$$

Si no se usa factor de seguridad el $d_{min} = 0.836[\text{mm}]$

Considerando una fuerza de 14[kN] y con un factor de seguridad de 2.5

$$d_{min} = 4.18[\text{mm}]$$

Del cual, el diámetro comercial más cercano es de

$$d_{min} = \frac{3}{16} [\text{in}] = 4.762[\text{mm}]$$

Con una longitud de $1 \frac{1}{2} [\text{in}]$ para cubrir el ancho de la estructura más tuercas y un eslabón o barra

- **Eslabón**

Se propone un eslabón o barra de ancho del triple que el diámetro que el tornillo (por lo menos por este caso) $4.762[\text{mm}] \times 3 = 14.286[\text{mm}] \approx 15[\text{mm}]$ y alto de 80 [mm] de altura con 50 [mm] entre barrenos.

Esfuerzo en tensión del eslabón con una fuerza de 14[kN] y con un factor de seguridad de 2.5

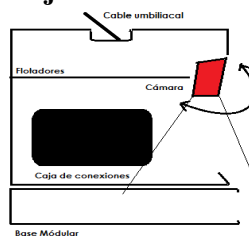
$$\sigma = 10.31[\text{Mpa}]$$

Usando el mismo material Acero inoxidable 304 las tablas de esfuerzo a tensión encontradas en el anexo dicen que es:

$$\sigma_{tensión} = 82.4[\text{ksi}] = 568,132 [\text{Mpa}]$$

Lo que indican que no fallara en tensión esta barra y se puede colocar una barra mucho más grande.

- **Distribución del Espacio de Trabajo**



Base Fija es mejor debido a las condiciones a comparación de una base móvil

- **Forma de la base**

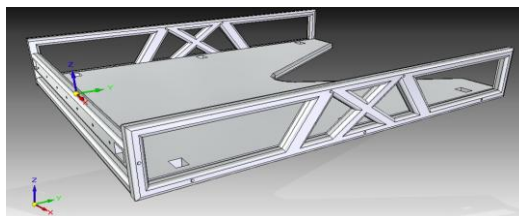
La forma de la base tiene los 4 puntos de balance (cuatro esquinas de su forma rectangular) como se recomienda en un principio para la mejor toma de muestras; tiene una abertura donde se lleva a cabo la toma de muestras y la cámara tiene el mayor campo de visión de lo que está sucediendo.

La base es plana para la transmisión de cargas y la colocación de diversos dispositivos en su interior y la facilidad de hacer barrenos para su uso. No tiene partes huecas debido a que se debilitaría....

Vista Trasera

Tiene una barra de soporte entre las estructuras para una mejor transmisión de cargas.

Dibujo asistido por computadora



CAPÍTULO 6. Ejemplo de diseño de aplicación de diseño para uso del ROV

En los capítulos anteriores se hicieron análisis internos del ROV; ahora se sabe lo que participa en una comunicación desde la superficie hasta el ROV, la alimentación que se proporciona a un cierto número de dispositivos que se le pueden añadir al vehículo así como los también límites de espacio y peso del ROV. Se ha dejado libre el camino para diseñar y aprovechar los recursos del Sistema Lynx considerando la información obtenida.

Este trabajo no solo plantea un acondicionamiento para la toma de muestras sino que también se conoce cómo aplicarlo; por esta razón, en este capítulo se muestra el desarrollo de las partes fundamentales de los tres aspectos más importantes que se requieren para cualquier tipo de muestreador.

En las siguientes páginas se explicarán los tres aspectos en específico:

1. Diseño Conceptual. En este caso del muestreador de sedimentos y rocas de hasta 10 [cm] de diámetro. Ya que como se había dicho, esta es la muestra más recurrente para el ICMYL. El diseño conceptual es muy importante para solucionar verdadera y eficazmente el problema o tarea específico.
2. Diseño de la interfaz de entrada. De cualquier extractor de muestras o sistema deseado del ROV, se requiere tener información de su desempeño y comportamiento por esta razón debe estar conectado a la superficie. Aquí se muestra la más básica y a detalle para futuras aplicaciones y adaptaciones más complicadas.
3. Diseño del control de salida. Cada señal enviada desde la superficie debe hacer una función definida. Con la información conocida se propone un dispositivo controlador para el sistema.

Cualquier otro aspecto depende de cada módulo, y es necesaria una examinación independiente.

6.1 Diseño Conceptual del muestreador de sedimentos y rocas de hasta 10 [cm] de diámetro.

En esta primera parte se explica el proceso para el planteamiento del objetivo de acuerdo a las necesidades de los investigadores, usuarios del ROV, y el desarrollo del mismo hasta llegar a una serie de opciones que realizan la tarea deseada y elegir la mejor opción.

6.1.1 De necesidades a especificaciones

Los siguientes dos métodos: árbol de objetivos y matriz QFD, transforman las expectativas abstractas del usuario a una definición concreta del diseño. La diferencia reside en que en *el árbol de objetivos* se observan objetivos intermedios o secundarios para llegar a los requerimientos del cliente. En la matriz QFD principalmente se ven como están interconectados los objetivos, los “qué’s” y los “cómo’s” y permite identificar rutas alternativas para la mejora de los como’s.

6.1.2 Árbol de Objetivos

Como primer paso en el diseño es necesario tener la percepción de la estructura del problema en general. Con un *Árbol de Objetivos* se observan precisamente los objetivos generales del proyecto pero también se pueden ver los secundarios y las relaciones entre éstos. Aquí también se pueden observar puntos que al solucionarse se tendrá verdaderamente una solución que cumpla con lo que se requiere. Por lo general, al obtener la información del usuario vienen sin ningún orden aunque son ideas centradas en un objetivo.

La información obtenida de las entrevistas y cuestionarios fue variada pero se puede concentrar en 3 adjetivos para el extractor:

- Adecuado. Principalmente que se adapte al ROV, tome la cantidad de muestra mínima requerida y lo almacene sin perderlo.
- Robusto. Resistente a las condiciones del medio o lugar de trabajo, presión, temperatura, salinidad, etc. Y que tenga la característica de obtener diferentes tipos de muestra.
- Barato. La idea es que los costos sean bajos, por debajo de los equipos comerciales.

Al mismo tiempo varios de los objetivos secundarios se obtuvieron en la entrevista.

En la siguiente imagen se observa la estructura del problema de diseñar un extractor de muestras submarinas. Yendo de arriba hacia abajo de la imagen se observa el “cómo” preguntándose en cada nivel y de abajo hacia arriba el “por qué”.

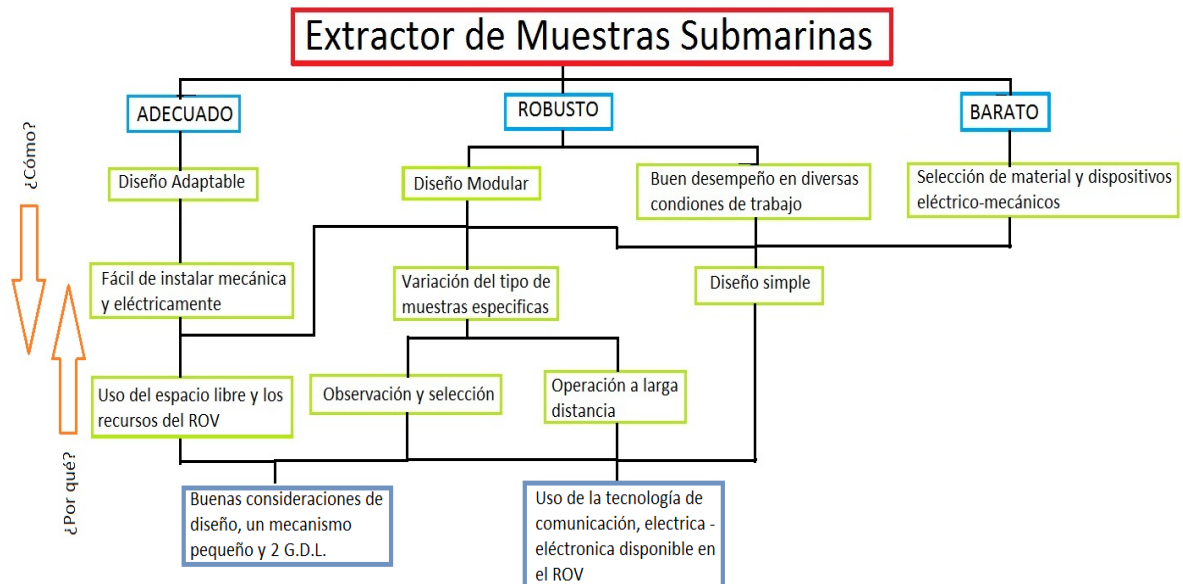


Fig. 6.1 Árbol de objetivos

La solución recae en el correcto diseño mecatrónico, es decir basado en las mejores consideraciones considerando las condiciones del ROV ya que no existen otros factores que sean determinantes en el diseño.

Como vemos hay varios niveles de generalidad, nos detenemos hasta aquí ya que si continuamos hacia abajo, por ejemplo, podríamos dar soluciones que ni siquiera sabemos si funcionan; moverse hacia arriba significaría diseñar algo que no fuera un extractor de muestras, en un caso extremo otro ROV. Este diagrama se mantiene suficiente mente general para tener una idea del problema sin perder de vista lo requerido.

6.1.3 Matriz QFD

Ahora bien, una vez teniendo los requerimientos o necesidades de los investigadores por medio del cuestionario de investigación previa, es necesario transformarlos en especificaciones técnicas o requerimientos de diseño. Para hacer esto se usa la matriz QFD o Casa de la Calidad.

Los requerimientos técnicos obtenidos de esta primera QFD mostrados en la tabla 6.1 son generales y aplicables a todo el dispositivo; sin embargo, es posible realizar una para cada función en el diseño y así llevar el proyecto lo más cercano a lo requerido, o llevarse este mismo camino intercambiando la posición colocando como necesidad lo obtenido anteriormente y el resultado es la definición de las características técnicas que integran el diseño. Si se llevase a la manufactura la tercera matriz QFD daría la definición de los procesos de fabricación de los componentes. Todo esto si solo se usa la matriz QFD como herramienta.

Resultados

La QFD no es comparada con otros dispositivos ya que no existe otro dispositivo extractor de muestras con las mismas características buscadas. Para futuras iteraciones de diseño es posible realizar esta operación comparándose consigo mismo y así aprovechar más la herramienta.

La intención de esta matriz es encontrar requerimientos de diseño que al manipularlos resuelvan o se encuentre la mejor solución a los requerimientos del usuario, en este caso los investigadores.

Al analizar los resultados de la matriz se dividió en dos, las de alta y media prioridad, para conocer las especificaciones principales y centrar en éstas el diseño.

Alta Prioridad

1. Espacio determinado para el sistema robusto de muestreo
2. Numero de actuadores,
3. Tamaño del mecanismo y
4. Potencia de Actuadores

Media Prioridad

1. Robustez para obtención de las muestras (el método) y la
2. Pérdida de comunicación

Una vez identificados los requerimientos de diseño, nos damos cuenta que cada uno está relacionado, pero quienes están más enfocados al diseño a detalle de los dispositivos de muestreo son todos con excepción del primer punto. El “espacio determinado para el sistema robusto de muestreo: toma, almacenamiento, mecánica y electrónica” no está del todo considerado dentro de esta parte, sin embargo, es una de las más importantes del diseño, ya que tiene una gran repercusión en todo el sistema. Por esta razón se debe ser igual de cuidadoso en su diseño, donde además este espacio funciona como BASE para colocar los diferentes MÓDULOS de muestreo. Los módulos y la base son dependientes pero deben ser diseñados con diferentes consideraciones y método en su mayor parte. En el capítulo anterior se vio con más detalle esta parte.

Necesidades		Nec./Des	Objetivo	Requerimientos de Diseño														Peso Absoluto	Peso Relativo
				S	S	+	+	-	-	+	-	S	-	S	+	S			
				#	cm	pixeles	cd	db	#	#	#	V,i	cm	#	W	cm			
Muestras	Sólidos "inmóviles" (0.5 - 40 [cm] diámetro)	N		9	3	9	3	3	9	3	9	9	9	3	9	9	9	0.07	
	Sedimentos (250 [gr] mínimo)	N		9	3	3	3	3	3	1	9	9	9	3	9	9	9	0.07	
	Agua	N		9	9	9	1	3	3	1	3	3	3	1	3	9	7	0.06	
	Por debajo del sustrato y fondo marino	N		9	1	3	3	3	9	1	9	9	9	1	9	9	9	0.07	
	Almacenamiento de muestras	N		9	9	3	3	9	3	9	9	9	9	9	3	9	9	0.07	
Características del ROV	Buena observación del entorno	N			3	9	9	9			3	3		9		3	9	0.07	
	Muestreo en zonas selectivas no accesibles a métodos trad.	N		9	1	9	9	9	9		9	3	9	9	9	9	9	0.07	
	Profundidad hasta 4,500 [m], (máxima = 1500)	D			1		1	1	9			3			9	1	5	0.04	
	Presiones grandes	N			1					3	3			9		3	3	7	0.06
	Acercamiento de sensores a zonas "peligrosas"	D			1	9	3	3	9	3	3	3	3	9	3	1	3	6	0.05
	Sin corrosión ni filtrado de agua	N			3	1			1	9	9				1		3	9	0.07
Detalles técnicos del ROV Lynx 1117	Espacio aprox. 48x30x6 [in]	N		3	9	3	3	3	3	1	9			9	1	9	9	9	0.07
	Requiere un control desde la superficie	N		3		9	3	9				9	3	9	9	9	3	9	0.07
	Brazo. @ 24 VDC 0.86 [A]	N		9	3			9				9	9	3	3	3	3	9	0.07
	Uso de 2 salidas Auxiliares A 24 VDC	N		9	9	3	1	9				9	9	1	3	9	9	9	0.07
			Abs.	62.10	5.52	3.85	4.72	2.93	5.22	4.40	2.11	6.41	5.01	5.98	3.90	5.76	6.31	124	1
			%	100.00	8.88	6.194	7.596	4.71	8.4	7.09	3.4	10	8.06	9.62	6.3	9.3	10.15453		
Alta Prioridad																			
Media Prioridad																			

Tabla 6.1 Matriz QFD para obtener los requerimientos de diseño

6.1.4 Diseño Conceptual

6.1.4.a Modelación en Caja Negra

Este primer paso del método consiste en concentrarse en lo que el diseño debe lograr y no en cómo se va a lograr.

El siguiente modelo en caja negra tiene tres entradas: la energía necesaria para moverse, la señal de movimiento que da el usuario y la entrada de la muestra; teniendo como salida deseada a la Muestra Almacenada.

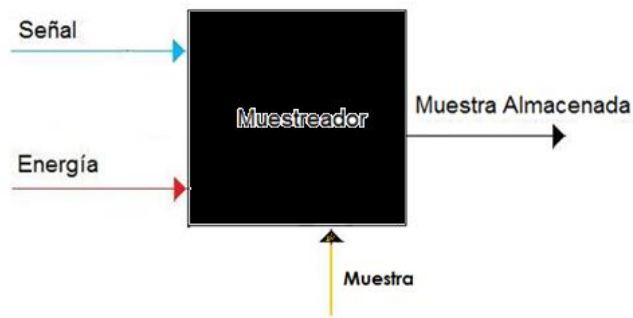


Fig. 6.2 Caja negra

6.1.4.b Descomposición en funciones

Identificando el proceso interno se muestra las funciones esenciales que debe satisfacer el dispositivo para alcanzar el objetivo: *la Toma y el Almacenamiento de muestra*. Además, es necesario el uso de energía y existe una señal que indica cuando iniciar o parar ambas funciones cuando la muestra está en el mejor lugar de extracción. El orden siempre es el mismo independientemente del tipo de muestra.

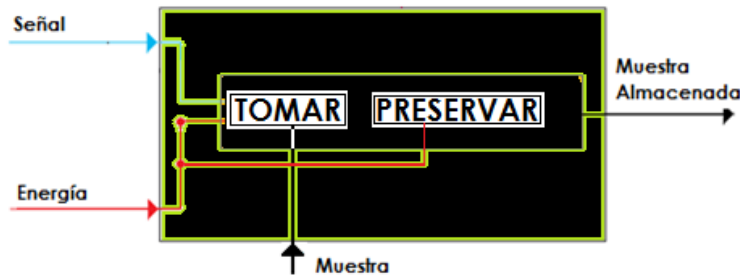


Fig. 6.2 Descomposición en funciones

FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
<u><i>Tomar</i></u>	Adquisición de la muestra; dependiendo del tipo de muestra se toman en cuenta diferentes consideraciones.
<u><i>Preservar</i></u>	Mantener la muestra con las características “originales” de muestreo y las requeridas para su estudio en un lugar específico dentro del ROV.

Hasta este momento, el diseño de los diferentes módulos de muestreo no tiene diferencia ya que contienen las mismas 2 funciones básicas. Por lo tanto, a partir de este momento el diseño de cada uno es específico y el enfoque se hará para la muestra más importante según los investigadores.

6.1.5 Diseño conceptual del módulo de muestreo de sedimentos y rocas

Las siguientes consideraciones son tomadas en consideración para iniciar el diseño ya que como se vio antes en la generalización de resultados se tomarán muestras de tipo “Sólido”

- ❖ Es un muestreo de la capa superficial del fondo marino. 5 [cm] de espesor.
- ❖ Recolecta tanto sedimento como pequeñas rocas y caracoles de diámetro no mayor a 10 [cm].

En la parte introductoria se explicaron los métodos que se usan para la *extracción* de sedimentos, ya probados por diversos ROV's. Si bien existen estos métodos, a continuación se hace una matriz de decisión en la cual se observa la viabilidad de usar otros métodos dentro del Lynx System.

Al comparar varios métodos “*excavar*” resulto ser el que en general se adapta mejor, independientemente si es o no en un ROV.

Los antecedentes indican que para excavar y obtener muestras submarinas de sedimentos se han usado dos tipos: de **tipo Recogedor** y de **tipo Cilindro** de acuerdo a la forma.

Para tomar la decisión de cuál de los dos tipos de dispositivos de muestreo es el más conveniente para diseñarse y colocarse en el ROV se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- *Adaptación al Tether Management System (TMS)*, ya que uno de los objetivos buscados es que no se hagan gastos innecesarios y trabajar bajo las condiciones y equipos ya existentes. Es posible modificar las dimensiones de este lugar donde se “estaciona” el ROV y así tener más espacio sin modificar demasiado las características originales del sistema. *Se expande hasta 15 [cm] verticalmente y en este espacio extra debe entrar el dispositivo.* [Ver cap. 5]
- *Menores características y/o requerimientos que necesita cada uno de los dispositivos.* A pesar de que los dos tipos toman sedimentos las características de la muestra final son diferentes ya que el proceso de extracción también lo son, ya que según la investigación previa se necesitan materiales y equipos diferentes dependiendo del tipo.
- *Mejor solución al resultado del cuestionario.* Los resultados arrojaron que los investigadores requieren como muestras prioritarias las de una capa superficial de sedimentos junto con otros tipos de ejemplares que se encuentran en ese sitio.
- *Condiciones del ROV.* Los espacios dentro y fuera del ROV que ocupan los dispositivos varían con la complejidad del método, es decir, si se requieren equipos que difícilmente pueden cambiar su tamaño para trabajar o que tengan dificultad de transportación y que al mismo tiempo hacen que varíe con un mayor o menor número de actuadores dependiendo de las condiciones mencionadas. Y es importante no olvidar que el ROV tiene un número LIMITADO de conexiones y alimentación para cualquier actuador que se quiera usar. [Buscar en ANEXO 4 y capítulo 4]

Evaluación de métodos para llevar a cabo la función "TOMAR"														
Factores														
	Adaptación y aprovechamiento de los Recursos y tecnología del ROV		Adaptación al ambiente		Menor cantidad de recursos necesarios para funcionar		Antecedentes de la tecnología en el mar		Menor espacio a usar dentro y fuera del ROV		Simplicidad en la aplicación del método			
Peso	9		5		10		6		7		8			
	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Resultado	
Opciones	<i>Absorbiendo</i>	1	9	1	5	2	20	0	0	3	21	3	24	79
	<i>Barriendo</i>	3	27	2	10	3	30	2	12	2	14	3	24	117
	<i>Depositando</i>	2	18	2	10	2	20	2	12	2	14	3	24	98
	<i>Excavando</i>	3	27	3	15	3	30	3	18	3	21	2	16	127
	<i>Haciendo arrastres</i>	3	27	3	15	3	30	3	18	2	14	2	16	120
	<i>magnetismo</i>	2	18	2	10	2	20	1	6	1	7	1	8	69
	<i>Succión</i>	2	18	2	10	2	20	1	6	2	14	1	8	76
	<i>Incrustando</i>	3	27	2	10	2	20	1	6	2	14	1	8	85
	<i>Sosteniendo</i>	3	27	3	15	3	30	2	12	3	21	2	16	121

Tabla 6.2 Evaluación de métodos de selección

Notas

1. Decisión tomada sin tomar en cuenta al usuario ya que no está involucrado directamente en el método.
2. Se da por hecho que estos métodos pueden llevar a cabo la tarea o función. Éstos fueron encontrados con la ayuda de la herramienta CREAX (explicada en el Anexo) en conjunto con una lluvia de ideas
3. Los factores se obtuvieron analizando las matrices QFD y el árbol de objetivos para que el método diera solución a la mayor cantidad de consideraciones.
4. Construcción de la matriz: Los pesos son valores subjetivos asignados a cada factor de acuerdo a la importancia relativa para tomar la decisión. El valor fue dado tomando en cuenta desde el factor más importante al menos. El Factor va dependiendo de la puntuación va de 0 (pobre) a 3 (muy bueno) en relación con los factores de decisión.

Los resultados indican que de los métodos encontrados que tienen posibilidades para realizar la función “Tomar” para los “sólidos” que se definieron, “excavar” es la que tiene un mayor puntaje en la matriz de decisión. Obtuvo esta calificación ya que se ajusta mejor tanto las características físicas del ROV como del medio ambiente previamente estudiado. Sin embargo, no se descarta tomar algunas características de los otros métodos.

Factores importantes en la elección										
		Adaptación al TMS		Menores características o requerimientos necesarios		Condiciones del ROV		Dar solución al Cuestionario previo		
Peso		8		6		8		10		
		Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Resultado
Opciones	Tipo Recogedor	3	24	2	12	3	24	3	30	90
	Tipo Cilindro	2	16	2	12	2	16	2	20	64

Tabla 6.3 Matriz de decisión de opciones para “Excavar”

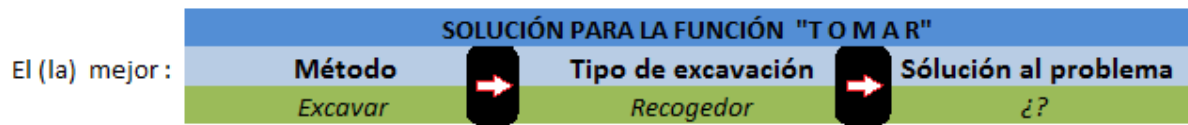
Nota:

Estos factores son más específicos ya que este es el método que se usará para la toma de muestras por esto toma en cuenta el cuestionario hecho a los investigadores, el TMS y características o requerimientos dentro del ROV explicados anteriormente.

Como resultado del análisis, el Tipo “*Recogedor*” es la alternativa más conveniente para el proyecto.

6.1.5.a Concepción de ideas para “Tomar”

Este es el proceso que se ha seguido hasta ahora:



Ahora bien se buscan diferentes configuraciones y opciones del método y tipo de excavación para lograr solamente la **toma** de la muestra.

El resultado de obtener el método y tipo anteriores permite enfocarse SOLAMENTE en la mejor opción de tecnología o método adaptado a las condiciones del proyecto.

Para encontrar las diferentes opciones de solución no se usó el método de lluvia de ideas por sí solo ya que funciona mejor cuando es un problema puntual, por esto se junto con otros métodos de inventiva como las *analogías con la naturaleza, con la literatura y personales*.

Se comenzó pensando en la solución ideal: Navegar y observar el entorno. Bajar, colocarse cerca del área de muestreo (en posición de muestreo). Sin pérdida de energía el sedimento y/o roca sube a bordo del ROV (tocado mínimamente) en una forma y disposición tal que permanece en sus condiciones originales

La intención aquí no es mostrar cada idea que se generó durante este proceso, sin embargo un ejemplo que se considero es la analogía con la naturaleza: Que la muestra suba o se tome por medio de temblores o movimiento de placas, o que salga como si fuera lava de un volcán submarino, por ejemplo.

Las opciones más representativas y finales se muestran en la tabla 6.4:

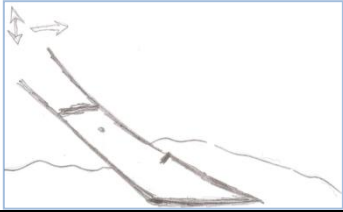
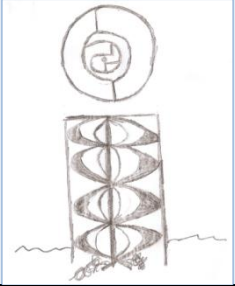
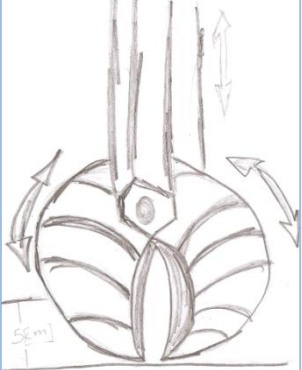
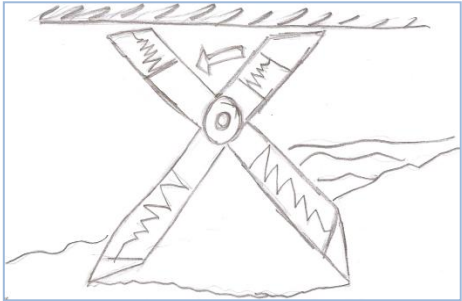
<p>Pala Retráctil</p> 	<p>Este dispositivo tiene la opción de tres movimientos: 1. Arriba –abajo con los cuales entra dentro del terreno una vez así el 2do. movimiento es hacia adelante para tomar más muestra. El tercer movimiento es uno retráctil con el cual se eleva sobre un eje.</p>
<p>Tornillo</p> 	<p>El tornillo se tiene que llevar hacia el terreno y ser movido hacia abajo ligeramente mientras por dentro está girando tomando muestra y haciendo que suba dentro de éste.</p>
<p>Garra</p> 	<p>La garra tiene dos movimientos, 1 de arriba-abajo , el 2do es cerrar o abrir</p>
<p>Molino</p> 	<p>El molino tiene como principal movimiento el de girar sobre un eje con varias paletas que van recolectando la muestra, también es necesario bajar hacia el terreno.</p>

Tabla 6.4 Opciones de solución para “tomar”

Cabe resaltar que estas soluciones son para el “órgano terminal” del dispositivo y son simplemente bosquejos que tienen los principales puntos e ideas de cada idea, no pretenden ser detallados. El nombre es solo un identificador.

Después de obtener un resultado parecido para la función “Preservar” se evaluarán las soluciones y se obtendrá la mejor.

Del mismo modo que para la función “Tomar” se hace una matriz de decisión y comparación entre varios métodos para la función “Preservar”.

Evaluación de métodos para llevar a cabo la función "PRESERVAR"														
		Adaptación y aprovechamiento de los Recursos y tecnología del ROV		Adaptación al ambiente		Menores Recursos necesarios para funcionar		Antecedentes de la tecnología en el mar		Menor espacio a usar dentro y fuera del ROV		Simplicidad en la aplicación del método		
Peso		9		5		10		6		7		8		
		Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Resultado
Opciones	<i>Aislamiento por dif. De presiones</i>	1	9	2	10	2	20	3	18	2	14	2	8	87
	<i>Encapsulado</i>	3	27	3	15	2	20	3	18	2	14	3	24	118
	<i>Enfriamiento</i>	1	9	2	10	1	10	1	6	2	14	1	8	57
	<i>Filtro</i>	3	27	3	15	3	30	3	18	3	21	2	16	127
	<i>Colocando otras sustancias. Gel partículas suspendidas.</i>	2	18	2	10	3	30	1	6	2	14	1	8	86
	<i>Revestimiento</i>	3	27	2	10	3	30	3	18	2	14	3	24	123

Tabla 6.5 Evaluación de métodos para la función “preservar”

Nota:

1. Decisión tomada sin tomar en cuenta al usuario ya que no está involucrado directamente en el método.
2. Se da por hecho que estos métodos pueden llevar a cabo la tarea o función. Éstos fueron encontrados con la ayuda de la herramienta CREAM (explicada en el Anexo) en conjunto con una lluvia de ideas
3. Los factores se obtuvieron analizando las matrices QFD y el árbol de objetivos para que el método diera solución a la mayor cantidad de consideraciones.
4. Construcción de la matriz: Los pesos son valores subjetivos asignados a cada factor de acuerdo a la importancia relativa para tomar la decisión. El valor fue dado tomando en cuenta desde el factor más importante al menos. El Factor va dependiendo de la puntuación va de 0 (pobre) a 3 (muy bueno) en relación con los factores de decisión.

6.1.5.b Concepción de ideas para “Preservar”

Una vez analizada la evaluación es posible darse cuenta que “Preservar” es una función con características específicas que permite usar al “Encapsulado”, “Revestido” y “Filtrado” en conjunto o tomando lo mejor de cada método debido a la necesidad y a la facilidad de aplicación ya que las diferencias que tienen hacen posible que puedan sumarse.

Entonces, el recipiente donde se coloquen las muestras tendrá y estará sellado, sin dejar escape ni dejar pasar nada y conservando las características originales independientemente de su forma. Debido a esta conjunción de soluciones el método no es parecido al de la función pasada y ya se tiene la mejor opción.

6.1.5.c Matriz Morfológica

La idea de esta herramienta es colocar las posibles combinaciones de las 2 funciones básicas, sin embargo como en la matriz de evaluación se encontró que las opciones para “Tomar” se pueden unir y no es posible obtener diferentes alternativas para las configuraciones no es factible hacer directamente esta matriz. Debido a lo anterior y a que es de suma importancia el uso de los recursos del ROV y la manera en que se conserva, es viable otra forma de combinar las funciones por medio de dos alternativas:

1. Debido al modo para mover la muestra a “almacenar” y a “preservar” la muestra que se le denominará “*TRANSPORTACIÓN*” para una fácil identificación; y
2. Qué al mismo tiempo se realicen las dos funciones fundamentales, denominada *MULTIFUNCIÓN*.

6.1.5.d Análisis y Selección

En la matriz morfológica se muestran solo bocetos de conceptos con los cuales decidir. Aún hay más aspectos y detalles que se podrían aclarar por cada concepto, sin embargo esto haría que se hiciera trabajo de más al querer hacer perfecto cada uno, esto se hará pero hasta el *Diseño a detalle* del concepto elegido. Se tomaran las decisiones desde este momento basado en los mismos aspectos que para decisiones anteriores pero ahora siendo más específicos.

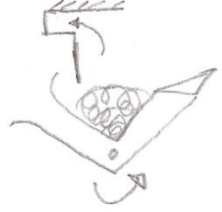
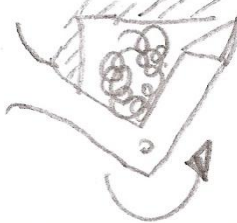
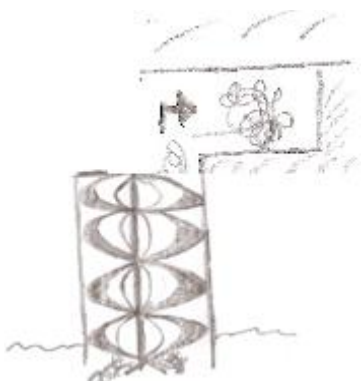
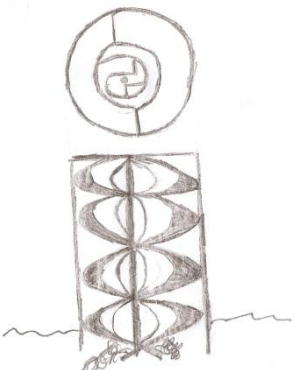
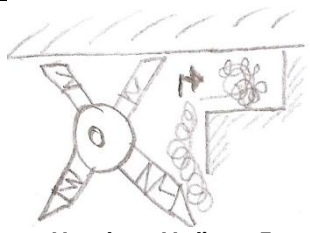
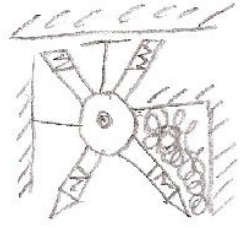
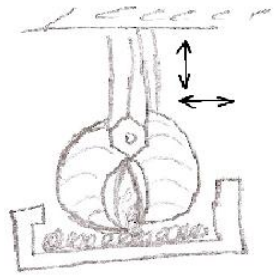
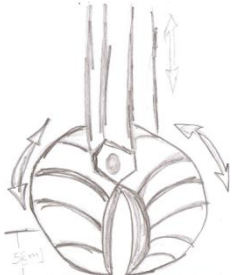
MATRIZ MORFOLÓGICA				
	TRANSPORTACIÓN	Breve Descripción ESTOS REQUIEREN UN COMPARTIMIENTO ESPECIAL PARA LA MUESTRA	MULTIFUNCIÓN	Breve Descripción LA MUESTRA SE RESGUARDA EN EL MISMO DISPOSITIVO
PALA RETRÁCTIL	 <p>Nombre: Pala R-T</p>	<p>Tiene 3 mov. Enterrarse, doblar para acumular muestra y luego llevarla a un lugar específico para resguardarla</p>	 <p>Nombre: Pala R-M</p>	<p>Cuadro toma la cantidad de muestra requerida se dobla para resguardarla al mismo tiempo</p>
TORNILLO	 <p>Nombre: Tornillo - T</p>	<p>Una vez en movimiento El tornillo lleva la muestra hacia el lugar establecido.</p>	 <p>Nombre: Tornillo - M</p>	<p>Acumula la muestra una vez que llega a su límite</p>
MOLINO	 <p>Nombre: Molino - T</p>	<p>Tiene varias palas que llevan la muestra a su sitio correspondiente</p>	 <p>Nombre: Molino - M</p>	<p>Cada una de las palas resguarda una cantidad de muestra específica</p>
GARRA	 <p>Nombre: Garra - T</p>	<p>La garra toma la muestra y la lleva a su sitio</p>	 <p>Nombre: Garra - M</p>	<p>La garra toma la muestra y la resguarda</p>

Tabla 6.6 Matriz morfológica

Para obtener la mejor elección de las posibles soluciones se ligara el resultado de la matriz QFD obtenida de los requerimientos del usuario con esta parte. De esta manera se obtiene una solución a lo que se pide originalmente.

La matriz QFD obtenida en un principio arrojo los siguientes resultados de acuerdo a lo que se requería por los investigadores. Además, en estas tablas está dividido de acuerdo al enfoque o parte del Diseño que le correspondería en el proceso.

6.1.5.e Resultados de la Matriz QFD por etapa de Diseño

<i>Alta Prioridad</i>	<i>Enfoque en</i>	<i>Mediana Prioridad</i>	<i>Enfoque en</i>
<i>Espacio determinado para el sistema robusto de muestreo</i>	Diseño a detalle	<i>Robustez para la obtención de las muestras (el método)</i>	Diseño del dispositivo
<i>Numero de actuadores</i>	Diseño del mecanismo	<i>Perdida de comunicación</i>	Diseño eléctrico electrónico
<i>Tamaño del mecanismo</i>			
<i>Potencia de los actuadores</i>			

Tabla 6.7 Resultados de la Matriz QFD por etapa de Diseño

De acuerdo a esto para hacer el análisis, selección y evaluación de los conceptos se hará de acuerdo a la *Robustez* para obtener la muestra.

Los demás puntos se tocaran en las partes respectivas de diseño.

En la tabla 6.6 de selección se comparan cada una de las alternativas bajo los mismos conceptos pero aplicados a “Transporte” o “Multifunción”, con esto se eliminan la mitad de las opciones elegidas bajo la premisa de cual es más robusta.

Análisis , Selección y Evaluación de Conceptos de acuerdo a la Robustez para obtener la muestra																				
¿Cuál de estas opciones hace más robusto el diseño?																				
	Cantidad de muestra (existe una mínima pero entre más mejor)		Permeabilidad o pérdida de muestra		menor complejidad de construcción y dispositivo (funcionamiento, mantenimiento, extracción y colocación en el ROV)		"Porciones" de muestras (muestrear en diferentes puntos) Podría eliminar ya que todos se pueden poner arreglos. ADAPTACION de ARREGLOS de varios dispositivos del mismo tipo		menos propicio a fallas (atoramientos, fallas, roturas, averías, descomposturas)		Cantidad de elementos		Espacio de trabajo		Materiales resistentes (ambientes no previstos)		Peso (entre menos mejor)			
Peso	9		10		7		8		6		3		4		2		5			
	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Resultado	
Opciones	Pala R- T	3	27	2	20	2	14	3	24	1	6	1	3	1	4	2	4	1	5	107
	Pala R- M	3	27	1	10	1	7	3	24	2	12	2	6	2	8	2	4	2	10	108
	Molino T	3	27	2	20	2	14	2	16	1	6	1	3	1	4	2	4	1	5	99
	Molino M	1	9	1	10	1	7	2	16	2	12	2	6	2	8	2	4	2	10	82
	Tornillo T	3	27	2	20	1	7	3	24	1	6	1	3	2	8	1	2	1	5	102
	Tornillo M	2	18	1	10	2	14	3	24	1	6	2	6	2	8	1	2	2	10	98
	Garra T	3	27	2	20	2	14	2	16	2	12	2	6	2	8	2	4	2	10	117
	Garra M	2	18	1	10	3	21	2	16	3	18	3	9	3	12	2	4	3	15	123

Tabla 6.8 Análisis, selección y evaluación de conceptos de acuerdo a la robustez para obtener la muestra numero 1

Los resultados indican que la Pala R-M, el Molino T, el Tornillo T y la Garra M son las mejores opciones. En la siguiente matriz de decisión la comparación será entre estas 4 alternativas.

Análisis , Selección y Evaluación de Conceptos de acuerdo a la Robustez para obtener la muestra																			
¿Cuál de estas opciones hace más robusto el diseño?																			
	Cantidad de muestra (existe una mínima pero entre más mejor)		Permeabilidad o perdida de muestra		menor complejidad de construcción y dispositivo (funcionamiento, mantenimiento, extracción y colocación en el ROV)		"Porciones" de muestras (muestrear en diferentes puntos) Podría eliminar ya que todos se pueden poner arreglos. ADAPTACION de ARREGLOS de varios dispositivos del mismo tipo		menos propicio a fallas (atoramientos, fallas, roturas, averías, descomposturas)		Cantidad de elementos		Espacio de trabajo		Materiales resistentes (ambientes no previstos)		Peso (entre menos mejor)		
Peso	9		10		7		8		6		3		4		2		5		
	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Factor	Valor Ponderado	Resultado
Pala R- M	2	18	3	30	4	28	4	32	3	18	3	9	2	8	4	8	3	15	166
Molino T	3	27	2	20	1	7	2	16	2	12	4	12	1	4	2	4	1	5	107
Tornillo T	1	9	1	10	2	14	1	8	1	6	1	3	4	16	1	2	4	20	88
Garra M	4	36	4	40	3	21	3	24	4	24	2	6	3	12	3	6	2	10	179

Tabla 6.9 Análisis, selección y evaluación de conceptos de acuerdo a la robustez para obtener la muestra numero 2

Los factores en cada una de las decisiones se colocaron basándose en una escala de 1 a 4, donde el 4 es el que ofrece el mejor desempeño o menores pérdidas para que su calificación final fuese la mayor. Se mantienen los pesos manejados de matrices anteriores.

Como resultado de todo el proceso de selección se tiene que la **“Garra Multifunción”** es la mejor alternativa para el proyecto. Para usarse como “órgano terminal” del dispositivo. El cual por tener dos movimientos o grados de libertad requiere de dos actuadores para su movimiento.

Hasta aquí llega el diseño conceptual, el cual determina la mejor solución para el problema. Los siguientes pasos son el diseño a detalle: mecanismo, elección de actuadores, materiales, etc. Lo cual está fuera del alcance de esta parte debido que solo se muestra lo básico para que se tome como base a futuras aplicaciones y los siguientes pasos.

6.2 Interfaz

Esta interfaz forma parte del ejemplo del diseño de un muestreador y por lo tanto su objetivo es solo mostrar cómo se puede hacer un medio de comunicación entre el ser humano (control desde la superficie) y el dispositivo mecánico-eléctrico colocado en el ROV para la función requerida. Por esta razón hay varias consideraciones que se toman:

- Se toman en cuenta las partes más representativas: **Interfaz de entrada y la programación del control de salida**
- Todo lo diseñado desde la interfaz de entrada hasta la programación del control del mecanismo se comprobarán solamente por simulación virtual
- La comunicación se hace virtual por medio del software *Virtual Serial Port Driver*, el cual crea puertos virtuales seriales en una misma computadora.
- Se usa solo como si fuera la entrada del AUX 1, es decir una sola entrada de comunicación.
- Para la comunicación dentro del ROV se eligió un microcontrolador el cual será más detallado en la parte de programación de control de salida.

6.2.1 Diseño de interfaz de entrada

Descripción

El siguiente, es la programación más básica para el control de “la Garra Multifunción” que se encontró como mejor alternativa para la toma de sedimentos. Tiene dos movimientos o grados de libertad por lo tanto requiere de un actuador para cada uno de éstos.

Está diseñada con el programa LabView el cual tienen como característica principal que no se usan códigos escritos para su programación sino un lenguaje de programación visual o gráfico lo que permite generar una interfaz de una forma eficaz. Utiliza dos pantallas: el Panel Frontal y el Diagrama de Bloques.

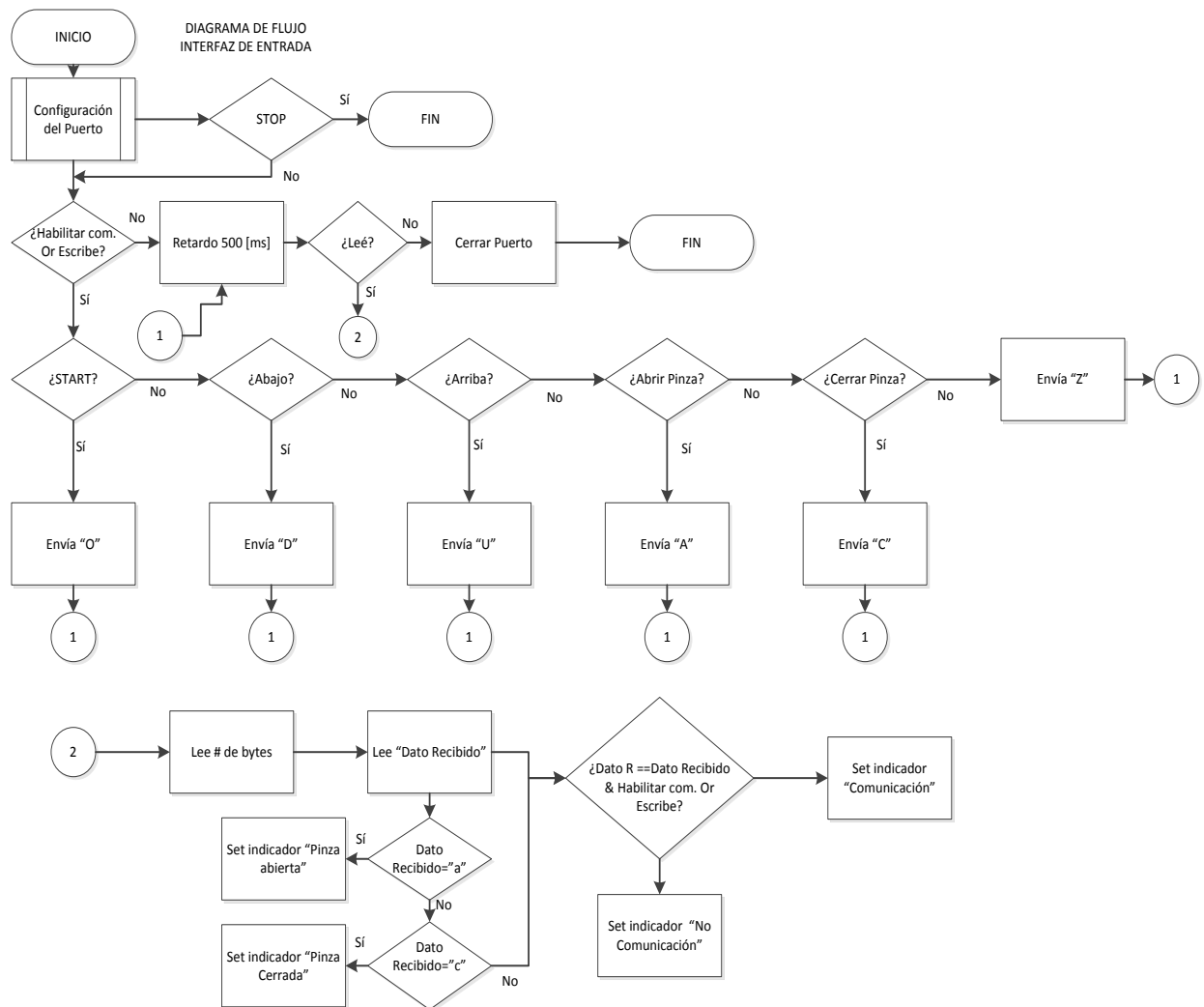
Este programa muestra como se hace la comunicación hacia el ROV y la interacción con el control de salida programado. Además, el manejo de las señales dadas por el usuario.

Funcionamiento.

Utilizando el siguiente programa se controlan dos actuadores, el principal que da movimiento al mecanismo hacia la muestra y el que la captura.

1. Se seleccione el puerto a utilizar
2. Se escoje la velocidad apropiada para la transmision de datos (en este caso 19200)
3. Se habilita la comunicación
4. Se da inicio a la comunicación con el botón START y
5. Dependiendo de lo que se requiera se presiona los botones de accionamiento

6.2.2 Diagrama de Flujo



6.2.3 Panel Frontal

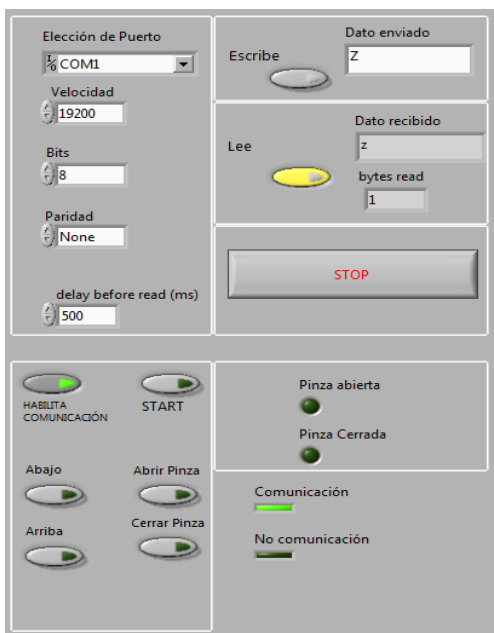


Fig 6.3 Panel frontal

Es aquí donde se muestra la interfaz. Se puede configurar los puertos de salida de la computadora; se observan los datos que se envían y reciben además de controlar los dos movimientos requeridos.



Fig. 6.4 Control de la configuración de comunicación

En la primer pestaña se eligen el puerto de comunicación a utilizar en la computadora, se actualizan con los “COM’s” libres. Se puede colocar la velocidad en baudios o bits por segundo. También se puede colocar otros datos como los Bits en la comunicación, paridad y un retraso en la comunicación.

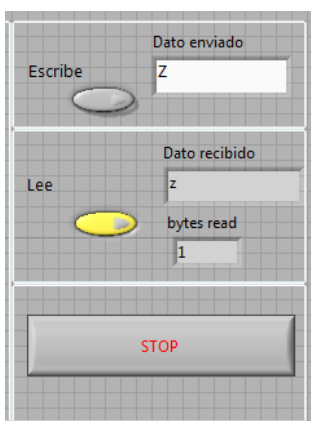


Fig. 6.5 Controles para escribir y leer los datos, botón de “STOP” del programa

Esta parte muestra los caracteres usados para la programación interna los enviados así como también los recibidos enviados desde el microcontrolador. Tienen un control el cual permite leer o escribir. La lectura permite observar el número de bits que llegan. Se colocaron para observar los datos que entran y salen para futuras modificaciones. *STOP*, es el botón que detiene todo el programa.

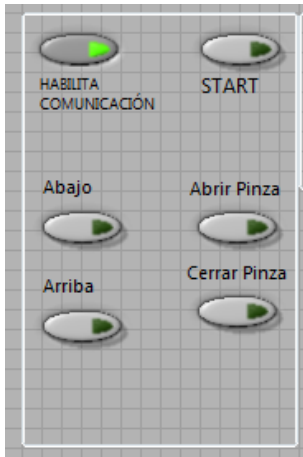


Fig. 6.6 Controles para las señales y habilitación de la comunicación

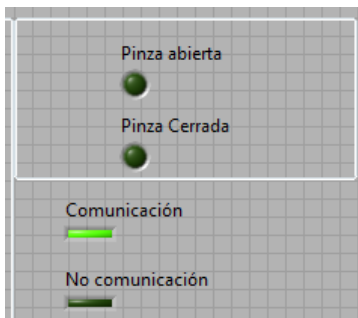


Fig. 6.7 Indicadores de comunicación y del estado de la Pinza.

“*Habilita Comunicación*”, es el botón que permite que exista comunicación.

“*START*”, manda una señal la cual el microcontrolador entiende para poder comenzar a trabajar, envía una “O” y recibe una “K”.

“*Abajo*”, “*Arriba*”, “*Abrir Pinza*” y “*Cerrar Pinza*” mandan señales para hacer cada una de las acciones que describen, esto mientras están presionados.

“*Pinza abierta*” y “*Pinza Cerrada*” se prenden cuando llega una señal que así se los indica.

“*Comunicación*” se prende cada vez que “*Habilita Comunicación*” esta presionado así como también recibe y envía datos. “*No comunicación*” se prende en el caso contrario.

6.2.4 Diagrama de Bloques

En esta parte se hace el programa que permite la comunicación así como el envío y la lectura de los datos recibidos. A continuación se muestra el programa completo.

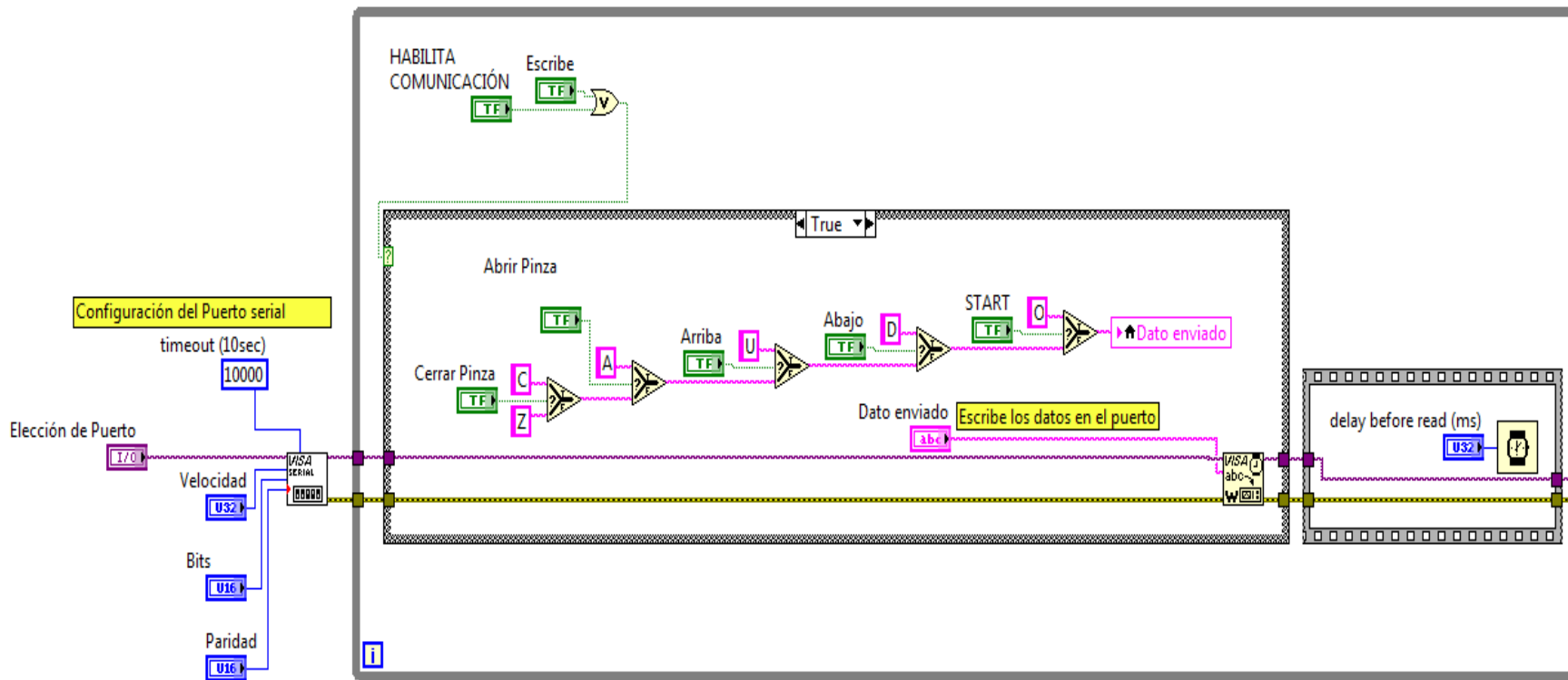


Fig.6.8 Diagrama de bloques

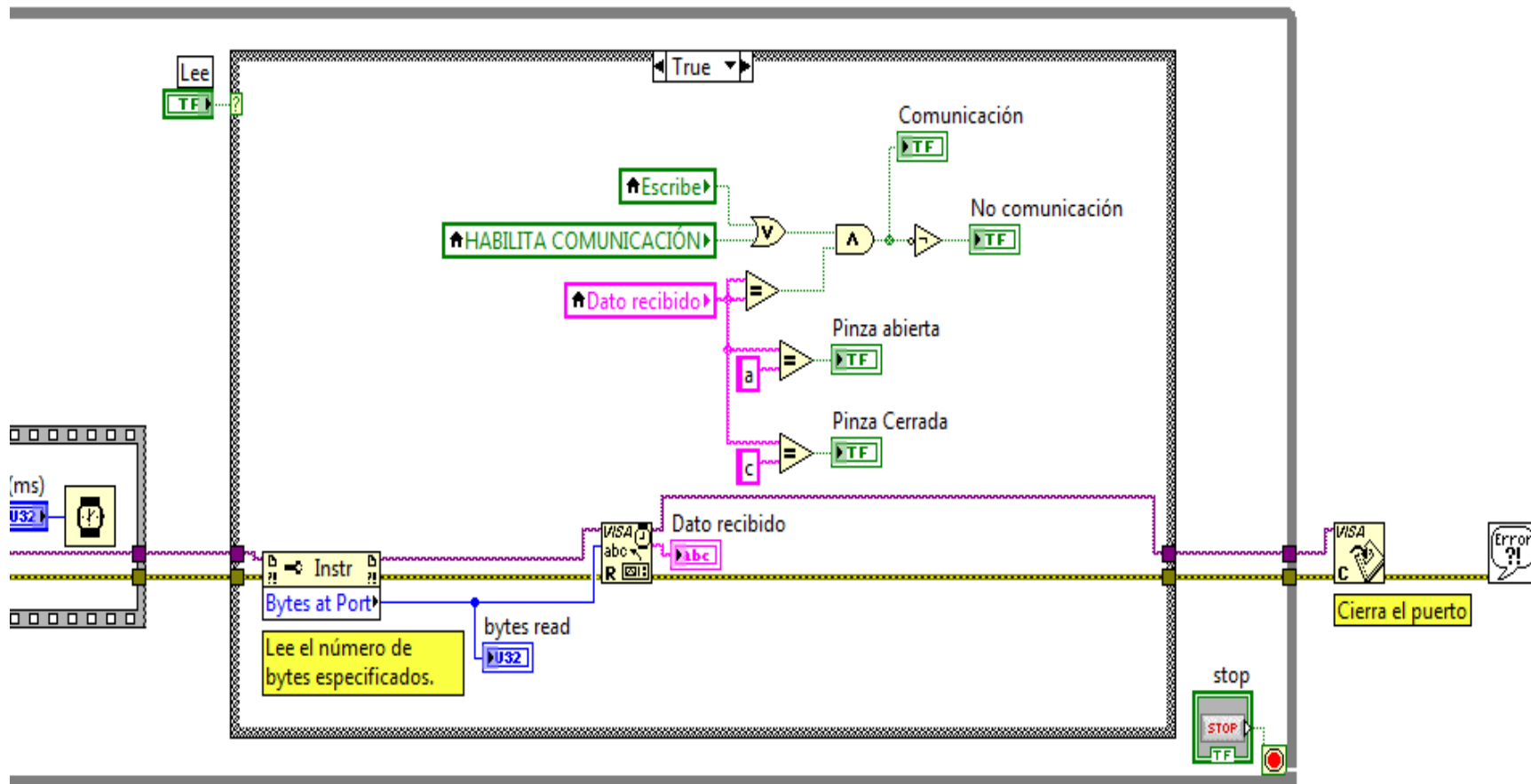


Fig.6.8 Diagrama de bloques

6.2.5 Configuración del Puerto Serial

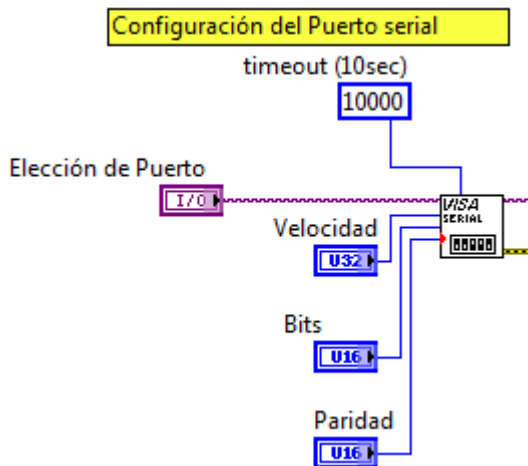


Fig. 6.9 Configuración del puerto serial

LabView cuenta con módulos de programación que facilitan los programas, en este caso se encuentra el llamado VISA Configure Serial Port el cual contiene todas las características para precisamente Configurar los puertos seriales.

6.2.6 Envío de datos

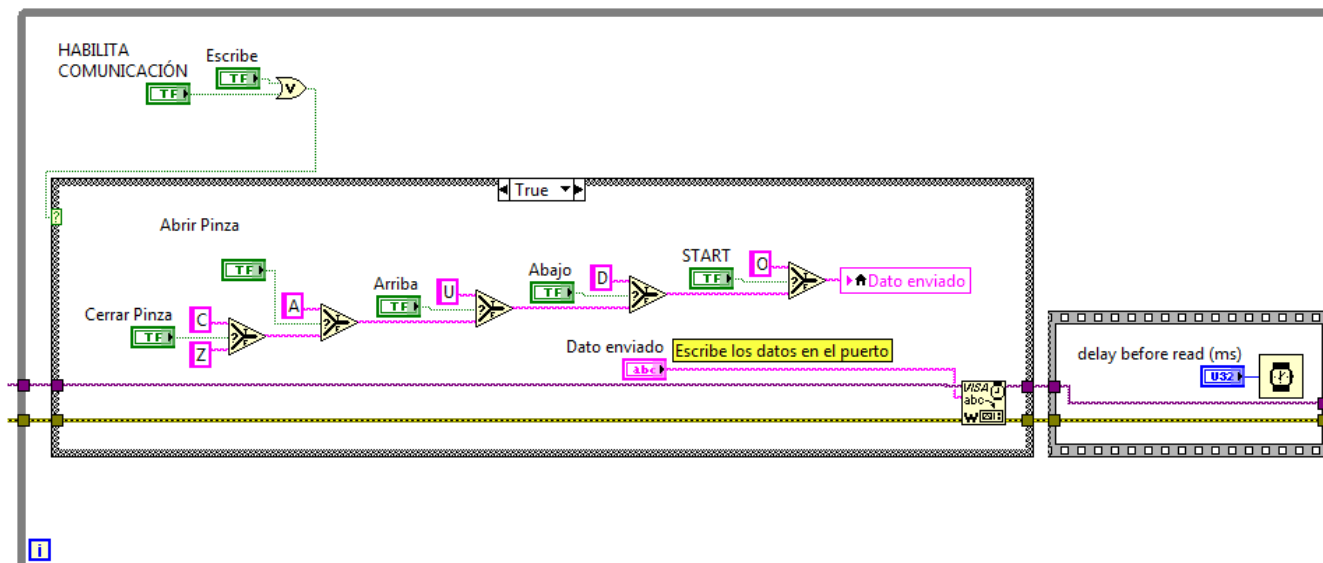


Fig. 6.10 Envío de datos

El envío y lectura de datos están dentro de un ciclo *While* el cual se detiene solo cuando se presiona el a botón *STOP* (siguiente imagen).

Para el envío de datos hay una condición que solo si es verdadera se envían los datos, esto es si el botón “*HABILITA COMUNICACIÓN*” o el botón “*Escribe*” están activados; en la condición falsa no sucede nada.

Para la programación del dispositivo de muestreo solo se ocupara el botón “*Habilita...*” ya que el otro es solo de ayuda para conocer que se puede enviar cualquier otro tipo de cadena de datos.

Una vez que existe comunicación siempre manda una letra “Z”, no tiene una función específica en esta interfaz pero sí en la programación del microcontrolador como se verá más adelante, regresa una “z”.

Otros botones con sus respectivas acciones:

Botón	Carácter enviado	Carácter recibido
Start	“O”	“K”
Abajo	“D” Down	“d”
Arriba	“U” Up	“u”
Abrir Pinza	“A” Abrir	“a”
Cerrar Pinza	“C” Cerrar	“c”

Tabla 6.10 Botones y carácter enviado

Una vez presionados el carácter es enviado, si se mantienen presionados el carácter se mantiene enviando y por lo tanto la acción requerida se mantiene.

Después viene un retraso de 500 milisegundos antes de la lectura de datos.

6.2.7 Lectura de datos

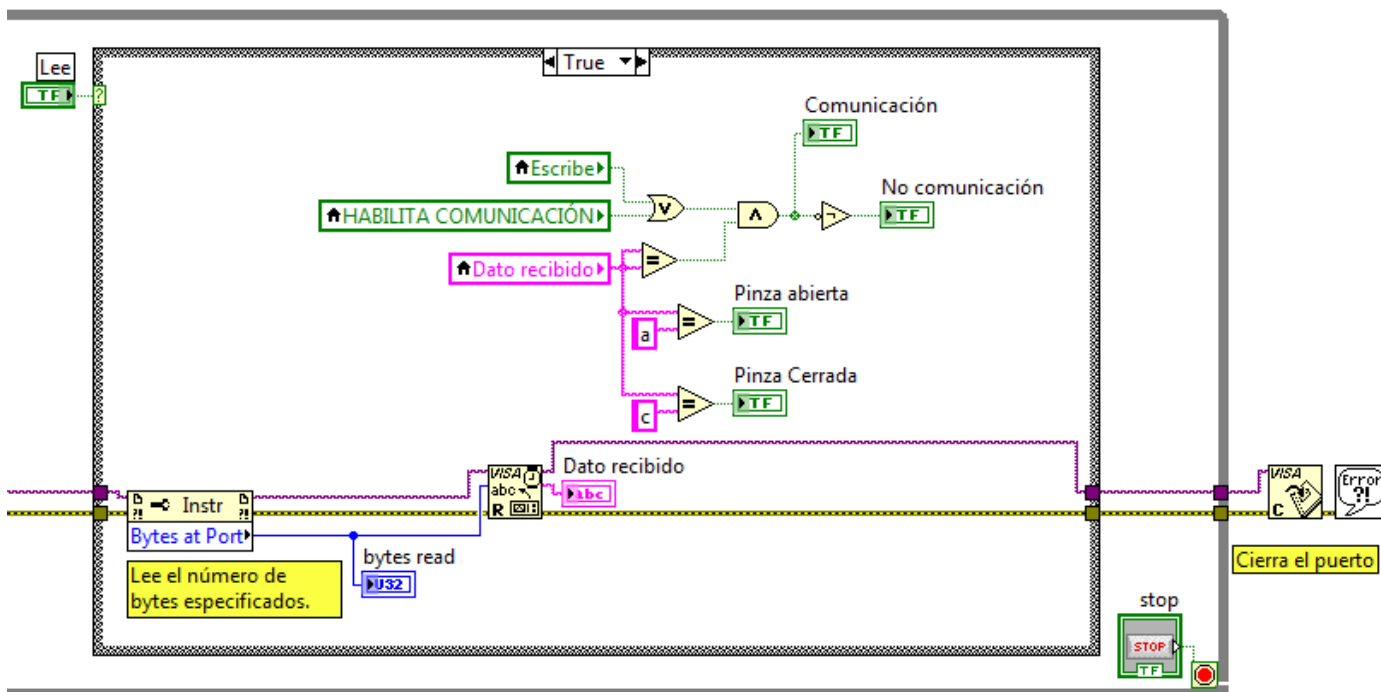


Fig. 6.11 Lectura de datos

Funciona de la misma manera que la escritura o envío de datos.

La única condición para leer es que este activado el botón “Lee”. En el caso verdadero permite visualizar los datos que provienen del microcontrolador. Una vez recibido un dato lo compara contra sí mismo para verificar que si esta recibiendo algo, si esta recibiendo algo y además la condición “Habilita..” o “Escribe” (ambos son variables locales) están activados, es

decir siempre manda un carácter, por lo menos una “Z”. Con esto esta recibiendo y enviando datos por esta razón se enciende el LED de “Comunicación” de otra forma se enciende el de “No comunicación”. Además si el dato recibido es una “a” se enciende el LED “Pinza abierta” si es una “c” el LED “Pinza Cerrada”.

Todo esto funciona por medio de otro bloque de programación de VISA (lectura) y antes con un bloque llamado “Nodo de propiedad” al cual se le coloca “Bytes at Port” que indica cuantos bytes entran, a este mismo se le coloca un indicador y así se despliega en el panel frontal.

6.2.8 Diseño del control de Salida

En el capítulo anterior se habló del procesamiento de la información independientemente del tipo de muestra basado en un sistema de control de lazo cerrado; como este ya es un ejemplo aplicado a la toma de muestra de sedimentos se mantienen las consideraciones y las definiciones dentro del sistema quedan como sigue:

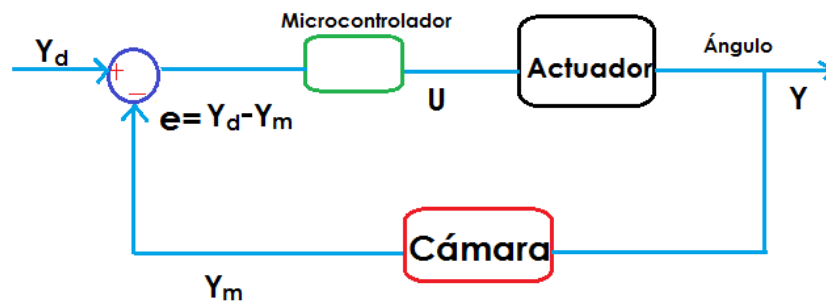


Fig. 6.12 Diseño del control de salida

El caso ideal es que un dispositivo electrónico programable, en este caso es un microcontrolador, maneje “n” cantidad de actuadores y realice toda la operación de muestreo planteada en el diseño conceptual. Pero para este trabajo solo se considera un actuador que controla el acercamiento al sedimento y es de este modo ya que el objetivo es demostrar la factibilidad y futuros alcances basados a partir de esta primera iteración de diseño.

PLANTA

Para el muestreador de sedimentos *la planta* es el actuador principal, en este caso un motor que mueve el dispositivo de arriba abajo.

CONTROLADOR

Hasta este momento no existe un sensor que mida la altura del dispositivo con respecto al sedimento o su relación con la posición angular, esta medición se hace tomando como referencia la cámara de video y al usuario. Además otro punto a considerar es que el mecanismo tiene límites superior e inferior (este diseño está fuera del alcance de este trabajo, sin embargo es muy útil tener estos límites) pero algunas muestras debido al terreno pueden estar en puntos intermedios del intervalo. Tomando en cuenta estas consideraciones y que este proyecto no requiere de una gran precisión en el acercamiento para la toma de sedimentos- rocas y que por ahora no se requiere que sea totalmente automatizado el proceso, el control más conveniente es el tipo **ON/OFF**, el cual es basado en una lógica de interruptores programada en el microcontrolador.

VARIABLE A CONTROLAR*

En este caso es la posición angular el cual mueve el dispositivo arriba o abajo.

VARIABLE DE CONTROL*

No existe directamente una señal que este variando para cambiar el valor de la variable a controlar (posición angular). El voltaje es siempre el mismo, lo único que cambia es el *intervalo de tiempo que es prendido el actuador* y este es dependiendo de la referencia con el sedimento y la visión del usuario.

6.2.9 Programación del microcontrolador

En este momento ya se conoce:

- Datos de control. Señales que se van a mandar desde la superficie en la interfaz usuario- ROV
- La forma de comunicación de los datos
- Voltajes y forma de comunicación del Aux 1
- Salidas útiles. En este caso solo es el Aux1

El siguiente paso es el manejo de la información, el qué hacer cuando cierta señal llega y como maneja al ROV, es decir, el procesamiento de la información.

Este paso se hace por medio del pic 16f887. Este microcontrolador se eligió debido a su:

- Facilidad de obtención
- Costo
- Facilidad de uso
- Experiencia en su uso
- Características (ver anexo)

Diagrama Lógico

Descripción	Ubicación	Tipo	Alias
Señales para los actuadores	PORT B <0,3>	O	Outputs
Posibles entradas de sensores del mecanismo	PORT B <4,7>	I	Inputs
Recepción de datos RX	PORT C <7>	I	Rx
Transmisión de datos TX	PORT C <6>	O	Tx

Tabla 6.11 Diagrama Lógico

La programación está hecha en lenguaje ensamblador por medio del software *Microchip*. Está programado de esta manera debido a que el programa final creado con extensión *.hex* que se carga al microcontrolador es mucho menor en tamaño y en “peso” dentro de la memoria en comparación si es hecho en lenguaje C. También de esta manera queda más claro el funcionamiento y en futuros programas con mayores aplicaciones es sencillo modificarlo y mejorarlo

Descripción

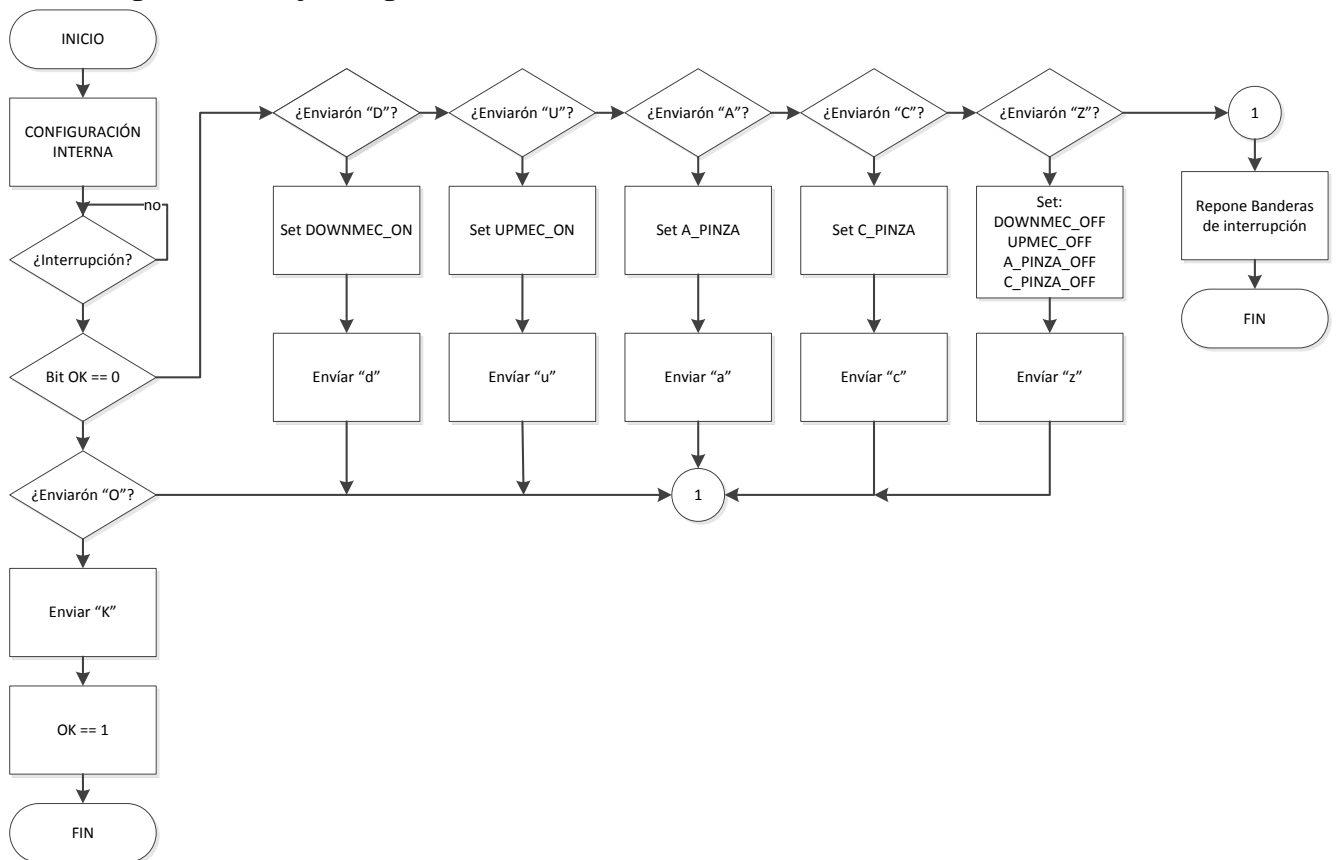
Este programa muestra cómo se hace la comunicación a la superficie y la interacción con la interfaz de entrada creada en LabView®. Además, el manejo de las señales internamente para llevar a cabo el control ON/OFF de la planta principal (actuador).

Funcionamiento.

Utilizando el siguiente programa se manejan las señales de control.

6. Configuración del microcontrolador
7. Configuración de los puertos como salidas y entradas
8. Habilitación de interrupciones por recepción de datos
9. Habilita comunicación
10. Envío de '1' dependiendo de la señal de accionamiento que llega
11. Envío de un carácter como respuesta
12. Envío de '0' apagando las señales

6.2.10 Diagrama de Flujo Programación del microcontrolador



6.2.11 Código del programa

; Este programa es para recibir información de la computadora, vía comunicación RS232, y utilizar los datos recibidos para dirigir las señales hacia los actuadores para cambiar de giro o encender o apagar un actuador, solo manda señales lógicas. Se requiere otra etapa de potencia para los actuadores.

```

;-----
;-----PROYECTO DE TESIS ROV TOMAD E SEDIMENTOS-----
;-----COMUNICACIÓN RS 232 Y MANEJO DE 2 ACTUADORES -----
;----- MUESTREADOR DE SEDIMENTOS-----
;----- JORGE DANIEL HERNÁNDEZ MUÑOZ-----
;-----

INCLUDE P16F887.INC

                __CONFIG_CONFIG1,20F4                ;OSCILADOR INTERNO
                __CONFIG_CONFIG2,3FFF

#DEFINE BAUD .103                ;VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN A 19200 BAUDIOS
#DEFINE BAUD .207                ;VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN A 9600 BAUDIOS
;-----
;DEFINICIÓN DE VARIABLES Y ESPACIO EN MEMORIA RAM

                CBLOCK 0X20

                INPUT                ;ALMACENA TMP0 EN 20h
                FLAG                ;ALMACENA TMP1 EN 21h PARA USO GENERAL

                ENDC

#DEFINE DOWNMEC_ON    BSF    PORTB,0    ;BAJA MECANISMO ON
#DEFINE DOWNMEC_OFF  BCF    PORTB,0    ;BAJA MECANISMO OFF
#DEFINE UPMEC_ON     BSF    PORTB,1    ;SUBE MECANISMO ON
#DEFINE UPMEC_OFF    BCF    PORTB,1    ;SUBE MECANISMO OFF
#DEFINE C_PINZA      BSF    PORTB,2    ;CIERRA PINZA
#DEFINE C_PINZA_OFF  BCF    PORTB,2    ;CIERRA PINZA OFF
#DEFINE A_PINZA      BSF    PORTB,3    ;ABRE PINZA
#DEFINE A_PINZA_OFF  BCF    PORTB,3    ;ABRE PINZA

#DEFINE OK           FLAG,0            ;BANDERA DE COMUNICACIÓN ON
#DEFINE SELECT       FLAG,1            ;BANDERA DE SELECCIÓN DE ACTUADOR 1 O 2
#DEFINE DOWN         FLAG,2            ;BANDERA DE MOVIMIENTO HACIA ABAJO
#DEFINE UP           FLAG,3            ;BANDERA DE MOVIMIENTO HACIA ARRIBA
#DEFINE ABRIR        FLAG,4            ;BANDERA ABRIR PINZA
#DEFINE CERRAR       FLAG,5            ;BANDERA CERRAR PINZA
;-----
                ORG    0X00                ;VECTOR DE RESET (INICIO)
                GOTO   INICIO              ;SALTA A INICIO

                ORG    0X04                ;VECTOR DE INTERRUPCION
                GOTO   INTER               ;SALTA A INTER

;-----
INICIO                ;INICIA PROGRAMA
;-----
;CONFIGURACIÓN ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES

                BANKSEL PORTB                ;CAMBIAR AL BANCO DONDE ESTA PORTB
                CLRF    PORTB                ;INICIALIZA PORTB
                BANKSEL TRISB                ;CAMBIAR AL BANCO DONDE ESTA TRISB
                MOVLW  B'11110000'
                MOVWF   TRISB                ;RB<7:4> COMO ENTRADAS DIGITALES ;Y RB<3:0> COMO SALIDAS DIGITALES

                BANKSEL TRISC
                BSF    TRISC,7                ;RECEPCION (ENTRADA) SERIAL
                BCF    TRISC,6                ;TRANSMISIÓN (SALIDA) SERIAL
;-----

```

;TRANSMISIÓN

```

BANKSEL TXSTA
MOVLW B'00100100'           ;W = 00100100 --> W=TXSTA:
MOVWF TXSTA                 ;COM ASINCRONA HABILITADA EN 8 BITS, ALTA VEL (BRGH=1).
;BANKSEL OSCCON
MOVLW B'01110101'           ;CORRE CON OSCILADOR INTERNO A 8 MHZ, ESTABLE
MOVWF OSCCON

BANKSEL BAUDCTL             ;CAMBIO AL BANCO DONDE ESTA BAUDCTL
BSF BAUDCTL,BRG16          ;GENERADOR DE VELOCIDAD EN 16 BITS

BANKSEL SPBRG
MOVLW LOW BAUD             ;CARGA LA PARTE BAJA
MOVWF SPBRG                ;W -> SPBRG
MOVLW HIGH BAUD            ;CARGA LA PARTE ALTA
MOVWF SPBRGH               ;W -> SPBRGH

BANKSEL RCSTA
BSF RCSTA,SPEN             ;ACTIVACIÓN DE COMUNICACIÓN SERIE

```

;RECEPCIÓN

```

;INTERRUPCIÓN POR RECEPCIÓN HABILITANDO PERMISOS
BANKSEL PIE1
BSF PIE1,RCIE              ;PERMISO DE INTER. POR COM. EUSART

BANKSEL PIR1
BSF INTCON,GIE             ;PERMISO DE INTERRUPCIÓN GENERAL HABILITADO
BSF INTCON,PEIE           ;PERMISO DE INT. HABILITADO
BCF PIR1,RCIF              ;LIMPIANDO LA BANDERA DE INTERRUPCIÓN POR RECEPCIÓN
BANKSEL RCSTA
BSF RCSTA,CREN             ;ACTIVACIÓN DE RECEPCIÓN DE DATOS

CLRF TXREG                 ;LIMPIANDO TXREG

;PROGRAMA PRINCIPAL
GOTO $                     ;SE QUEDA AQUÍ HASTA QUE HAYA UNA INTERRUPCIÓN POR RECEPCIÓN

```

;-----

```

INTER  MOVF  RCREG,W         ;W = RCREG (EL DATO RECIBIDO)
        MOVWF INPUT        ;SE GUARDA EL DATO RECIBIDO EN INPUT

        BTFSC OK            ;OK==0?
        GOTO ABAJO         ;NO; COMUNICACIÓN ESTABLECIDA VE A ABAJO

;ESTABLECIENDO COMUNICACIÓN (INICIO)
XORLW 'O'                  ;SI, W = W XOR 'O'?
BTFSS STATUS,Z            ;Z==1?
GOTO ABAJO                 ;NO, VE A ABAJO
MOVLW 'K'                  ;SÍ, W = 'K'
CALL RS232_TX              ;LLAMA A SUBROUTINA DE TRANSMISION
BSF OK                     ;OK = 1
GOTO REPONE

```

;-----

;ETIQUETAS CON NOMBRE DEL MOV. PENSADO

```

ABAJO  MOVF  INPUT,W        ;GUARDANDO EL CARACTER INGRESADO
        XORLW 'D'           ;W= W XOR 'D'
        BTFSS STATUS,Z     ;Z==1?
        GOTO ARRIBA        ;NO, VE A ARRIBA
        DOWNMEC_ON         ;ACTIVA MOV HACIA ABAJO
        MOVLW 'd'          ;SÍ, W = 'd'
        CALL RS232_TX      ;LLAMA A RS232_TX Y ENVÍA LA 'd'
        GOTO REPONE        ;VE A REPONER BANDERAS DE INTERRUPCIÓN

ARRIBA MOVF  INPUT,W        ;GUARDANDO EL CARACTER INGRESADO
        XORLW 'U'           ;W= W XOR 'U'
        BTFSS STATUS,Z     ;Z==1?
        GOTO ABRIRP        ;NO, VE A ABRIRP
        UPMEC_ON           ;ACTIVA MOVIMIENTO HACIA ARRIBA
        MOVLW 'u'          ;W= "u"
        CALL RS232_TX      ;LLAMA A RS232_TX Y ENVÍA LA 'u'
        GOTO REPONE        ;VE A REPONER BANDERAS DE INTERRUPCIÓN

```

```

ABRIRP  MOVF  INPUT,W      ;GUARDANDO EL CARACTER INGRESADO
        XORLW 'A'          ;W= W XOR 'A'
        BTFSS STATUS,Z    ;Z==1?
        GOTO  CERRARP     ;NO, VE A ABAJO
        A_PINZA          ;ACTIVA ABRIR PINZA
        MOVLW 'a'         ;W=a
        CALL  RS232_TX    ;LLAMA A RS232_TX Y ENVÍA LA 'a'
        GOTO  REPONE     ;VE A REPONER BANDERAS DE INTERRUPCIÓN

CERRARP MOVF  INPUT,W      ;GUARDANDO EL CARACTER INGRESADO
        XORLW 'C'          ;W= W XOR 'C'
        BTFSS STATUS,Z    ;Z==1?
        GOTO  FAULT       ;NO, VE A ABAJO
        C_PINZA          ;ACTIVA CERRAR PINZA
        MOVLW 'c'         ;W="c"
        CALL  RS232_TX    ;LLAMA A RS232_TX Y ENVÍA LA 'c'
        GOTO  REPONE     ;VE A REPONER BANDERAS DE INTERRUPCIÓN

FAULT   MOVF  INPUT,W      ;CUANDO NO SE ENVÍA NINGUNA SEÑAL
        XORLW 'Z'          ;GUARDANDO EL CARACTER INGRESADO
        BTFSS STATUS,Z    ;W= W XOR 'Z'
        GOTO  REPONE     ;Z==1?
                                ;NO, VE A ABAJO
                                ;APAGA TODAS LAS SEÑALES SI NADA ESTA PRENDIDO

        DOWNMEC_OFF
        UPMEC_OFF
        A_PINZA_OFF
        C_PINZA_OFF
        MOVLW 'z'         ;W='z'
        CALL  RS232_TX    ;LLAMA A RS232_TX Y ENVÍA LA 'z'
        GOTO  REPONE     ;VE A REPONER BANDERAS DE INTERRUPCIÓN

;-----
REPONE  BCF   PIR1, RCIF   ;REPONE LA BANDERA DE INTERRUPCION POR RECEPCIÓN
        RETFIE
;-----
RS232_TX
        MOVWF TXREG       ;TXREG = W, SE CARGA EL BUFFER DE TRANSMISION
        NOP               ;PEQUEÑO DELAY 3 CICLOS MÁQUINA PARA QUE PASE POR REGISTROS INTERNOS DE
COM.
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        BCF   PIR1, TXIF   ;LIMPIANDO LA BANDERA DE FIN DE TRANSMISION PARA ASEGURAR QUE AL FINAL DE
LA TRANSMISIÓN SE PONGA EN 1 TXIF
        BTFSS PIR1, TXIF  ;YA SE TERMINO LA TRANSMISION?
        GOTO  $-1         ;NO, ESPERA
        RETURN           ;SI, REGRESA
;-----
        END               ;FINAL DEL PROGRAMA
;-----

```

6.3 Simulación Virtual

Si bien este trabajo solo trata de mostrar las partes más importantes y significativas del proceso de diseño e implementación de un extractor de muestras no se puede dejar aparte un punto muy importante como la comunicación real entre los dispositivos e interfaz. Por esta razón, en la parte de consideraciones a futuro se coloca un pequeño aporte para lograrlo, sin embargo, se deja al usuario la prueba de dicha propuesta que está aparte de la simulación virtual funcional.

En la siguiente imagen se muestra que partes son las que resume la simulación virtual, entre estas están la diferencia de conectores y protocolos, se toma en cuenta como si todo fuera una comunicación serial RS-232 común y corriente.

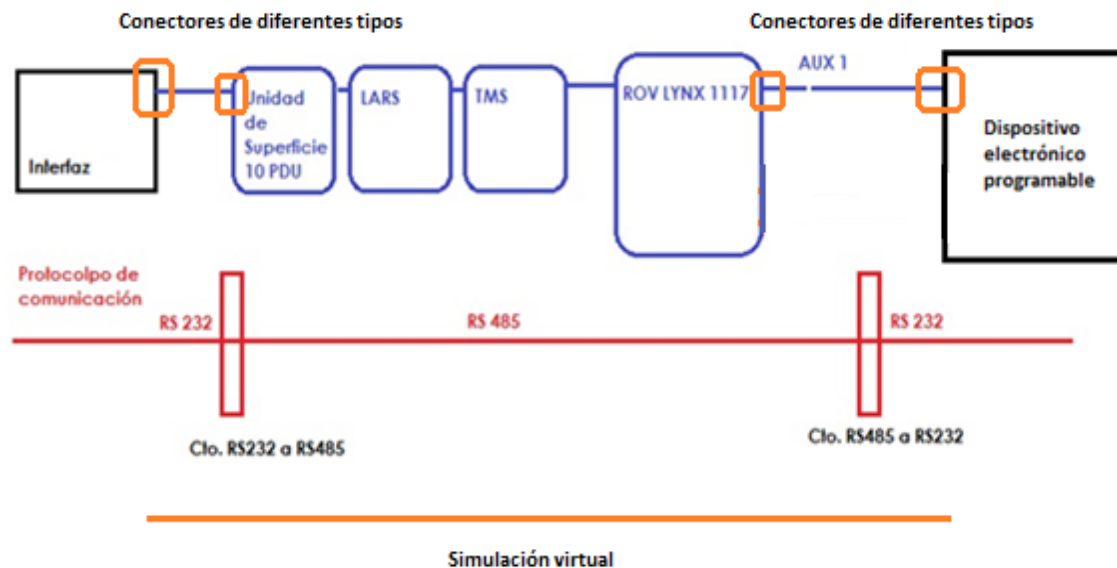


Fig. 6.13 Interfaz y el microcontrolador propuesto dentro del Sistema Lynx y simulación virtual

Para simular la conexión entre el programa de *National Instruments*® *LabView*® y el *Proteus ISIS*® se utiliza el software *Virtual Serial Port Driver*®. Ambas plataformas deben tener la misma configuración para poder llevar a cabo la comunicación. En la simulación de *Proteus ISIS*® se tiene la entrada de datos con un conector DB9 para comunicación serial, el cual envía y recibe la información. A la salida del microcontrolador se colocó una barra de LEDs como indicadores que está funcionando cada señal y además para la simulación de los actuadores se colocó un par de motores, los cuales encienden o apagan con las señales de la interfaz de entrada de acuerdo a la programación como se muestra en la siguiente imagen.

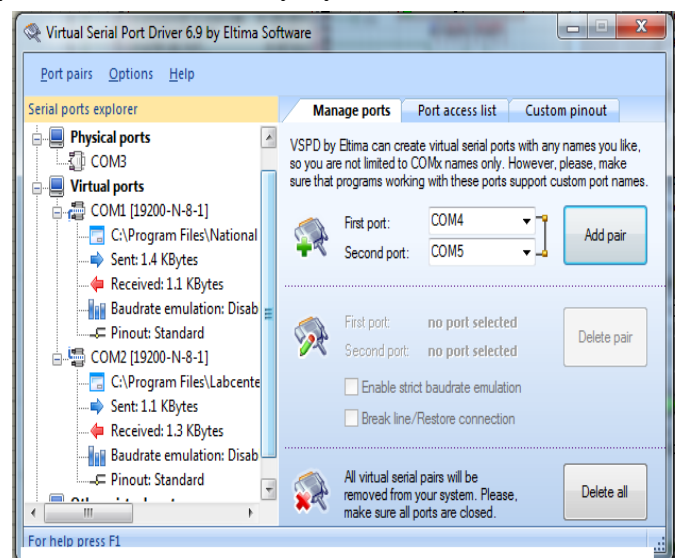


Fig. 6.14 VSPD funcionando y configurado. Del lado izq. se muestran los dos puertos virtuales creados COM1 Y COM2 cada uno funcionando para *LABView*® y *Proteus*®, respectivamente. Vel : 19200 baudios, 8 bits, 1 bit de parada, Sin paridad.

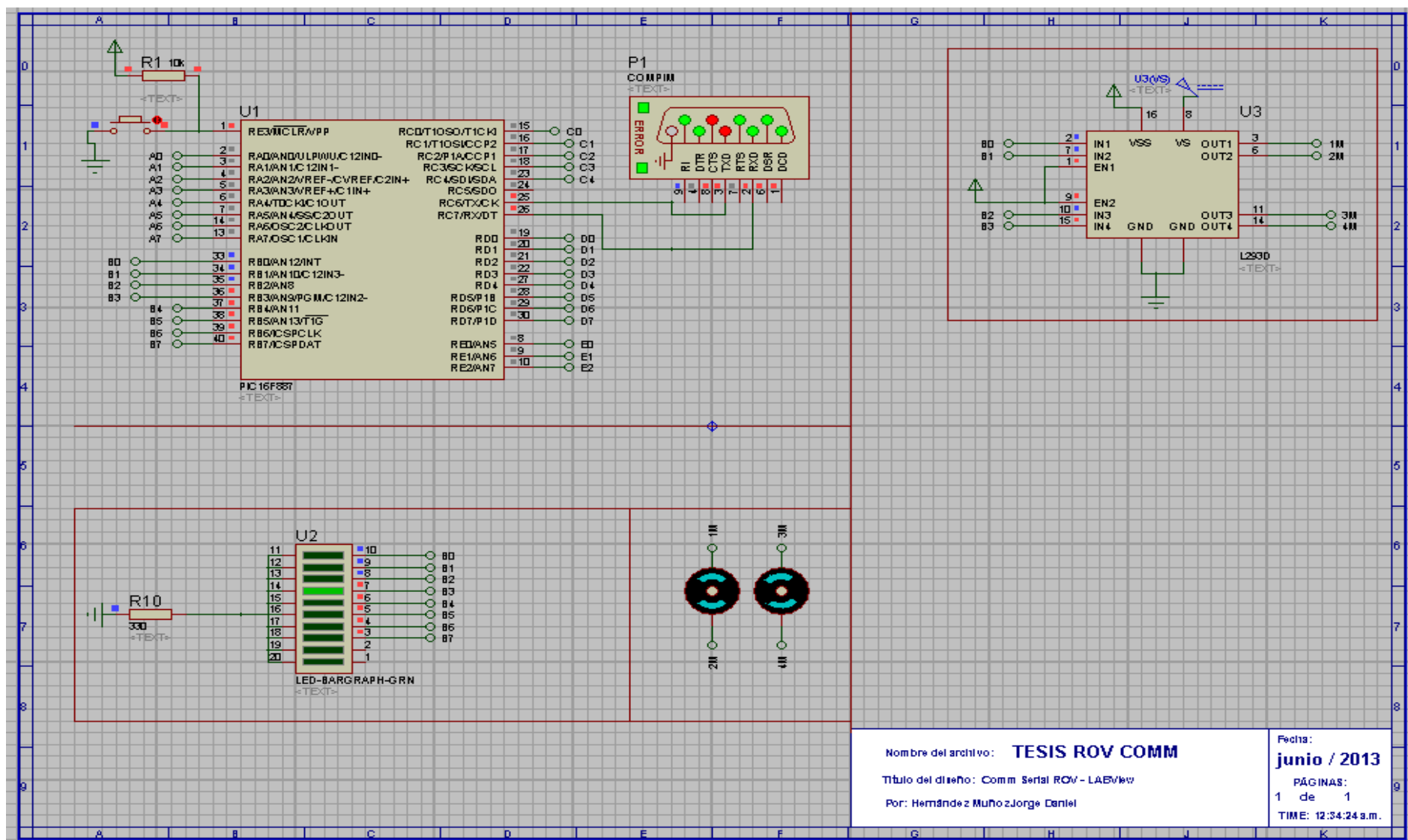


Fig. 6.15 Electrónica propuesta para el manejo de dos actuadores. PIC 16f887 y conector DB9 para la comunicación serial (lado izq. Superior), L293D o puente “H” como etapa de potencia de los actuadores (lado der. Superior), LED’s indicadores del proceso que se lleva a cabo (lado izq. Inferior) y dos actuadores (motores de corriente directa a 24 volts CD. Parte central de la imagen)

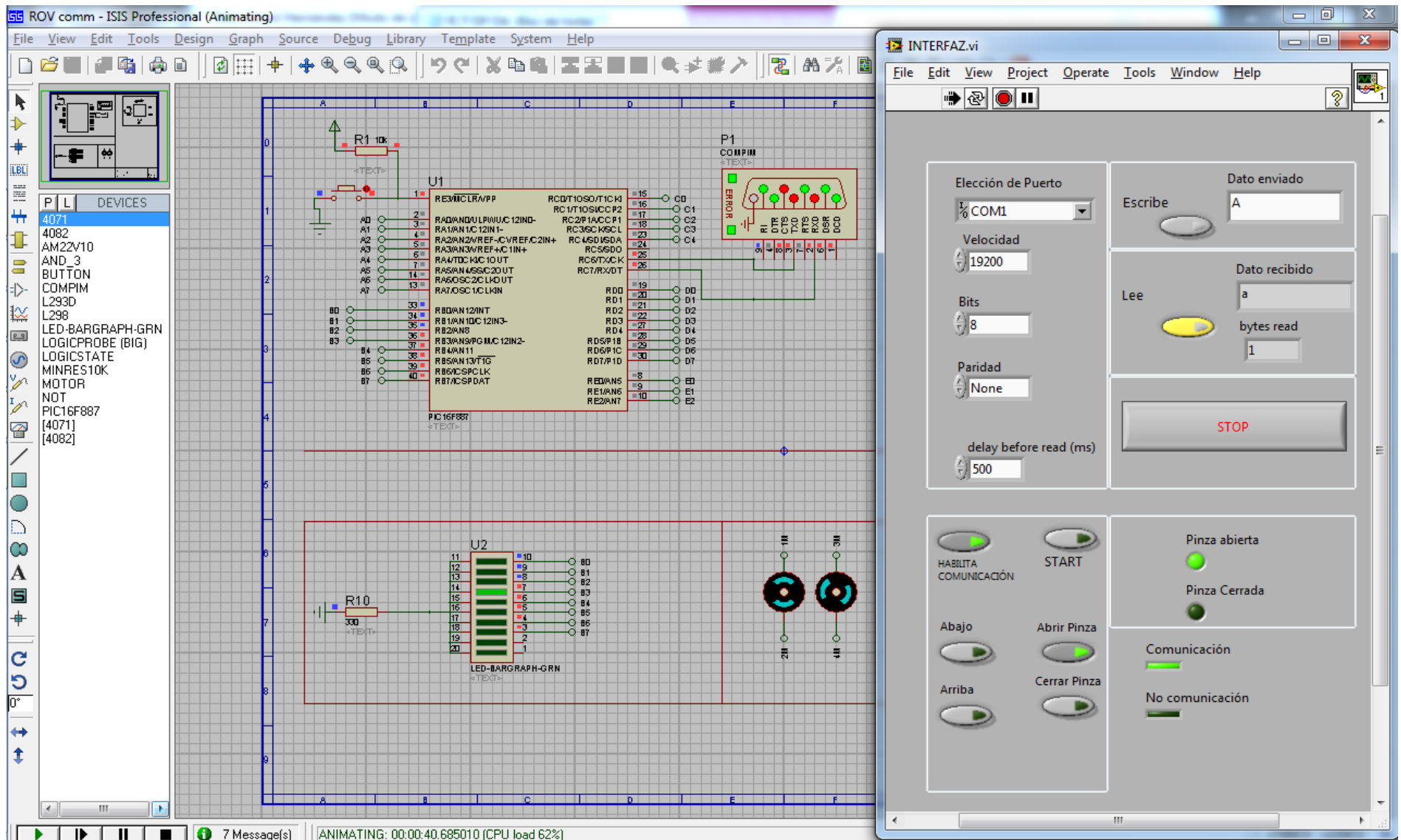


Fig. 6.16 Interfaz de entrada y el microcontrolador 16f887 funcionando al mismo tiempo. El microcontrolador recibe y transmite las señales de entrada y regreso a la superficie con un conector DB9. Bits <0,3> son salidas que controlan los motores y bits <4,7> señales de entrada.

6.4 Ejemplo de diseño de aplicación para uso del ROV (Resumen)

Árbol de objetivos

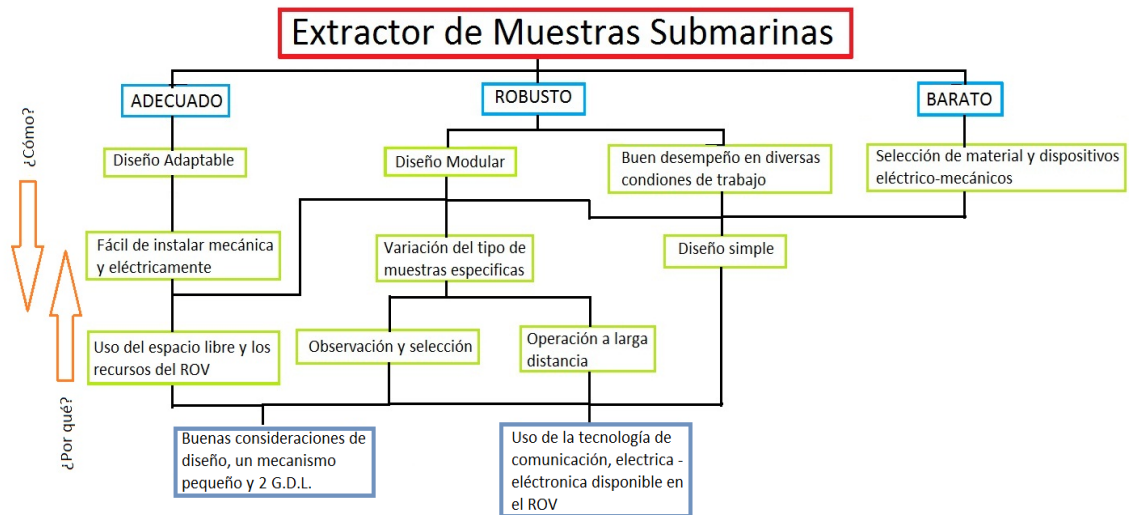


Fig. 6.1 Árbol de objetivos

Resultados Matriz QFD

Alta Prioridad

5. Espacio determinado para el sistema robusto de muestreo
6. Numero de actuadores,
7. Tamaño del mecanismo y
8. Potencia de Actuadores

Media Prioridad

3. Robustez para obtención de las muestras (el método) y la
4. Pérdida de comunicación

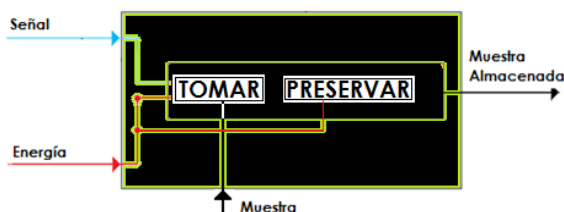
Resultados de la Matriz QFD separado por etapa de Diseño

Alta Prioridad	Enfoque en	Mediana Prioridad	Enfoque en
Espacio determinado para el sistema robusto de muestreo	Diseño a detalle	Robustez para la obtención de las muestras (el método)	Diseño del dispositivo
Numero de actuadores		Diseño eléctrico electrónico	
Tamaño del mecanismo			
Potencia de los actuadores	Diseño del mecanismo	Pérdida de comunicación	

Tabla 6.8 Resultados de la Matriz QFD por etapa de Diseño

Descomposición en funciones

Fig. 6.2 Descomposición en funciones



FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
<u>Tomar</u>	Adquisición de la muestra; dependiendo del tipo de muestra se toman en cuenta diferentes consideraciones.
<u>Preservar</u>	Mantener la muestra con las características "originales" de muestreo y las requeridas para su estudio en un lugar específico dentro del ROV.

Mejor método de solución para la función tomar: “Excavar” del tipo recogedor

Mejor método de solución para la función preservar: Soluciones conjuntas, el recipiente donde se coloquen las muestras tendrá y estará sellado, sin dejar escape ni dejar pasar nada y conservando las características originales independientemente de su forma.

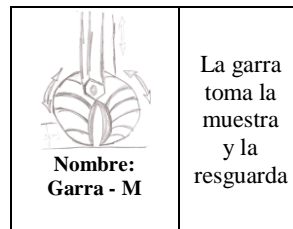
Análisis de la matriz morfológica

Los resultados indican que la Pala R-M, el Molino T, el Tornillo T y la Garra M son las mejores opciones. En la siguiente matriz de decisión la comparación será entre estas 4 alternativas.

Selección del mejor método para llevar a cabo la solución de las funciones tomar y Preservar

Como resultado de todo el proceso de selección se tiene que la “Garra Multifunción” es la mejor alternativa para el proyecto. Para usarse como “órgano terminal” del dispositivo.

El cual por tener dos movimientos o grados de libertad requiere de dos actuadores para su movimiento.



Diseño de una interfaz usuario – ROV y Simulación virtual del control de los actuadores

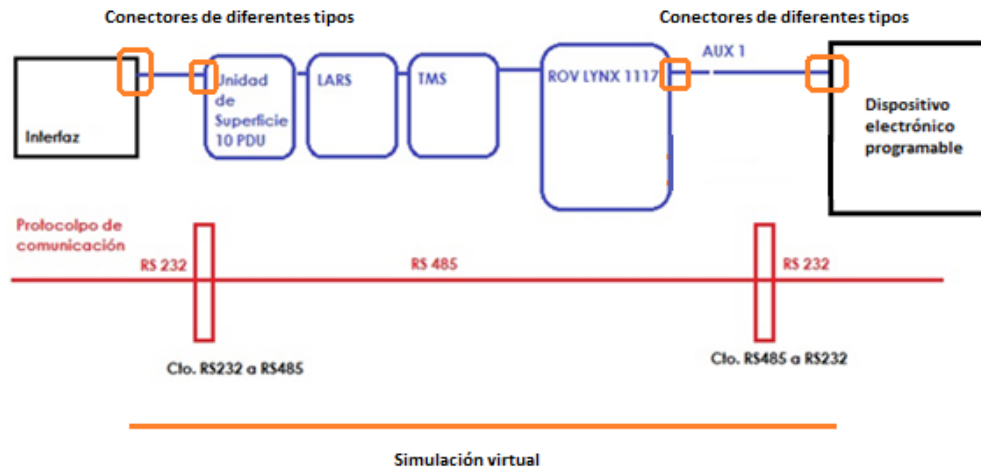


Fig. 6.13 Interfaz y el microcontrolador propuesto dentro del Sistema Lynx y simulación virtual

CAPÍTULO 7. Conclusiones

Durante el proceso para alcanzar el objetivo principal: *diseño, desarrollo e implementación de un sistema de muestreo dentro del ROV*, se pretenden varias etapas las cuales inician con este trabajo de tesis. Esta parte inicial se conforma por una serie de planteamientos básicos en el funcionamiento del ROV que llevan, por supuesto, a resultados debido a una investigación previa y a su análisis, los cuales están resumidos en cada capítulo.

A partir de los objetivos y los alcances propuestos para este trabajo los resultados llevan a conclusiones que indican si se alcanzaron las metas y la conveniencia de las propuestas para así decidir si es factible la continuación del trabajo hasta el objetivo principal. A continuación se describirán las conclusiones por capítulo llevando el mismo orden que en el trabajo escrito ya que cada uno inicia a partir del anterior y luego una conclusión general del trabajo, todo en base a los resultados.

7.1 Levantamiento

Conocer el ROV totalmente es muy importante para poder manejarlo, repararlo y saber actuar cuando está en pleno funcionamiento para que en un caso extremo no se pierda y pueda servir mucho tiempo a la UNAM. Por esta razón estar al tanto de los sistemas que son susceptibles de mejora o implementación da espacio para poder aplicar soluciones dependiendo de los problemas a resolver.

Con el objetivo para este trabajo siempre se pretendió no ser extremistas para que se tuvieran propuestas tangibles y reales en un relativo corto tiempo. Si bien la empresa de diseñar, implementar y construir el sistema de muestreo no es un proyecto tan corto es importante tener las bases y fundamentos para poder iniciar el proyecto y que por supuesto sea atractivo para las autoridades que pueden dar los permisos o hasta presupuesto.

Los alcances dejan entrever que no se proponen cosas complicadas, al contrario se manejan con la idea de que cualquier ingeniero, estudiante o persona interesada que quiera modificar o simplemente conocer un robot móvil submarino operado remotamente en su funcionamiento pueda hacerlo de una forma más digerida y fácil de entender.

7.2 Recolección de información

Cuando se entrevistaba a los diferentes Doctores del ICMYL cada uno daba su propia opinión sobre el tener un ROV, obviamente esta cantidad de información era la buscada. Sin embargo, muchos de los datos que se encontraron excedían las capacidades del ROV, la profundidad por ejemplo, solo llega a 1,500 metros dentro de las aguas oceánicas. Mientras que entre más profundidad se encuentran más “singularidades” de estudio por denominarlo de alguna forma.

En sí, se obtuvo el ROV de un principio para la observación pero esto deja mucho de fuera, siendo que para muchos investigadores (independientemente del la línea de investigación) la exploración (observación y toma de algunas muestras) es básica, sobre todo en lugares inaccesibles normalmente y difíciles de entrar.

Por lo anterior, conocer al ROV es primordial y para luego poder generalizar las necesidades de los usuarios y llevar a cabo un proyecto más real dentro de las limitaciones inherentes.

7.3 Estado del Arte

Es evidente que mientras la profundidad va en aumento es más difícil para el hombre tomar muestras del entorno. No obstante, siempre trata de salir adelante y encuentra la forma de hacerlo, y mientras más difícil y dañino para las personas encuentra soluciones que satisfacen su necesidad de muestra pero no así de las mejores condiciones de la muestra.

En los casos más extremos usa dispositivos controlados a larga distancia que tienen cierta “autonomía” pero se sigue en la búsqueda de la mejor opción. Es aquí donde surgen los ROV's y sus dispositivos especiales para operaciones específicas. Existen varios tipos de estos vehículos en el mercado capaces de realizar actividades con una gran variedad de dispositivos incluidos y diversas profundidades.

7.4 Análisis eléctrico y de control para el uso del sistema de muestreo

Cabe resaltar que el análisis realizado siempre fue en búsqueda de aprovechar los recursos que tiene el ROV, se encontró que tiene entradas auxiliares, dos en particular con la posibilidad de conectar y usarse sin necesidad de comprar más dispositivos al extranjero. De hecho, este hecho es la principal razón para comenzar con este proyecto ya que es posible controlar dispositivos desde la superficie y saber que sucede directamente con la cámara con la que cuenta.

Los auxiliares internamente tienen una conexión directa con la caja de conexiones dentro del ROV y a su salida tienen voltaje neutro y 24 [V] únicamente conocido. De aquí se concluyen varias cosas.

- No hay interfaz o forma de controlar lo que pasa a través de los auxiliares. Debe crearse una ya sea virtual o con electrónica.
- Manejan una comunicación de protocolo RS-485, se debe acoplar a la comunicación con la interfaz de alguna forma y también a su salida ya que
- No tiene un circuito que procese la información por esta razón se debe hacer uno, programarlo, etc. Capaz de comunicarse con la superficie recibiendo sus señales en el protocolo que se encuentre y traduciéndolas para controlar dispositivos.
- Es necesario conseguir los conectores para cada etapa o trabajar en una simulación para saber cómo funcionaría el sistema bajo las condiciones que se propongan.

Una vez que la información llega al EPOD del ROV (caja de conexiones) el dispositivo que procese la información debe saber qué se está realizando y qué se quiere además de controlar las señales. Por esta razón se hizo un diagrama que muestra como funciona los sistemas de extracción de muestras, que en general son sistemas de lazo cerrado. Es de esta forma el análisis ya que para cada muestra la descripción de Planta, variables de control y a controlar, etc. cambian y es un análisis para que ayude a cualquiera que desee hacer un control con los muestreadores.

7.5 Diseño de una base modular

Al inicio del capítulo se plantean condiciones iniciales en las cuales se hace referencia a la parte de la introducción donde se tienen las definiciones de muestra entre otras cosas. Estas condiciones y definiciones son importantes para llevar a cabo una buena extracción de muestras ya que si no está colocado el ROV en posición el diseño que se haga posteriormente no resultará el idóneo y se tendría que modificar el diseño.

Este diseño es pensado en utilizar el TMS (*garage*) con su extensión vertical de 15 [cm], teniendo así otra restricción de diseño, si no se quisiera usar éste o se pudiera conseguir mayores extensiones el diseño de la base cambiaría en las dimensiones pero el análisis realizado es el mismo. Sin dejar de lado las otras características del ROV ya que las propelas tienen una fuerza de empuje límite que no permite cargar demasiado peso (39 [kgF] máx. vertical). Aunque sea más grande la base la carga útil sigue siendo de 37 kg, a menos que sea una opción colocar más propelas sacrificando un poco de carga (3.7 [kg] en aire, 2.2 [kg] en agua).

Los materiales que se usan en este tipo de aplicaciones son muy parecidos, el polipropileno fue el elegido debido a sus características, sin embargo, el polietileno es una gran opción si no se encuentra el polipropileno.

7.5.1 Análisis estructural

Se hizo un extenso análisis de las bases a usar comenzando desde la base que se comercializa, de esta base solo se tienen datos de la forma de la estructura y se mantuvo como la base “patrón” para comparar las propuestas.

Mejores Estructuras Propuestas

Opción	Ilustración	Peso [kg]	Volumen material [cm^3]	Magnitud de máx. fuerza aplicada [kgF]
“Patrón”		2.139*	1892.1*	391.186
i		1.957	2151	271.263
ii		2.663	2927	271.25

Fig.7.1 Mejores estructuras propuestas.

*Valores Reales: Peso: 1.639 [kg], Volumen: 1802 [cm^3]. Los valores puestos en la tabla son los límites propuestos de selección, 500 [gr] y 5% del volumen inicial extras.

También se mantuvo constante el peso de los extremos de las bases, variando solo la estructura interna, esto significa sacrificar $Peso = 5.2325 [Kg]$ de la carga útil más el peso de la estructura elegida. Con este análisis la opción i es la recomendada, ya que aunque se pasa un poco del volumen permitido (restricciones hechas antes de los análisis y diseños para poder elegir), el peso está por debajo. La opción ii se conserva debido a que en esta configuración las barras internas tienen menores esfuerzos y por su estructura tienen una mayor área para sujetar los dispositivos que se requieran. Este resultado indica que si se quiere colocar la estructura más estable con mayor volumen tendrá solo 1[kg] más que la estructura “patrón”. Se deben estudiar las opciones y los casos para elegir la mejor.

El análisis de esfuerzos demostró que toda la estructura está sobrada ya que el material usado en la base en compresión alcanza hasta casi 4.5 ton. Antes de que falle, las cargas no llegan ni al 10% están alrededor de 400[kgF]

Se propuso el acero inoxidable 304 debido tiene excelentes propiedades mecánicas y contra la corrosión. Con la carga que se tienen máxima de 1.402 [kN] debido al empuje de las hélices se calculó un diámetro admisible muy pequeño aun considerando un factor de seguridad de 2.5 ($d=1.321[mm]$). Por esta razón se consideró aumentar 10 veces la fuerza, pensando en una fuerza dinámica en algún accidente lo que llevo a determinar un tornillo un poco más grande (3/16" [in]), éste es el mínimo que se puede usar con las garantías propuestas, diámetros más grandes no hay problema ya que aseguran aún más que no fallará.

El eslabón de unión de las dos estructuras (la propuesta y la del ROV) forma parte en este análisis de esfuerzo cortante aunque a éste solo se traduce en esfuerzo en tensión. Con un material propuesto de acero inoxidable 304 se demuestra que con el área también propuesta no fallará y se puede colocar una barra mucho más grande, de igual forma, a consideración de los gastos. Esfuerzo a tensión del eslabón: 10.3[Mpa] y el esfuerzo ultimo en tensión del material: 568 [Mpa] La forma de la base en la parte baja está basada en que la cámara tenga la mayor amplitud de visión, aunque si se modifica el lugar de la cámara es de mayor utilidad. La posición de los dispositivos dentro del ROV solo es una propuesta, en la práctica puede variar un poco debido a su tamaño y peso.

7.5.2 Modularidad de la base

Después de hacer este diseño se considera que la base es modular debido a:

- El sistema de comunicación. Independientemente del módulo, la comunicación se maneja del mismo modo y llega al mismo sitio otorgado dentro de la base.
- La distribución de la energía, llega junto con la comunicación al punto donde se usan y tiene los mismos valores y conectores para los módulos de muestreo.
- El modo como se puede ocupar el espacio de trabajo es variable, se tienen varias recomendaciones para su uso pero siempre puede ajustarse y adaptarse a la base.
- El diseño interno (estructura y sujeción) permite que los módulos se puedan sujetar de diversas formas) y
- Está diseñada para soportar cargas de acuerdo a su peso y carga útil, pero debido a que trabaja en agua podría cargar más debido a la flotación y además los cálculos muestran que puede soportar mucho más de lo que se le puede montar.
- Adquisición de las muestras. Como se observó, lo mejor para un sistema extractor de muestras es que se guardan inmediatamente luego de ser tomadas. Por esta razón se colocó en la parte frontal de la base, donde la cámara observa y tiene mejor campo de visión. En este lugar es fácil de sacar las muestras obtenidas de la base del ROV.
- El desmantelar y dar mantenimiento se lleva a cabo de manera sencilla debido a que no es una estructura complicada.
- Puede usarse junto con el manipulador Grip-stick que incluye sin ningún problema de interferencia.

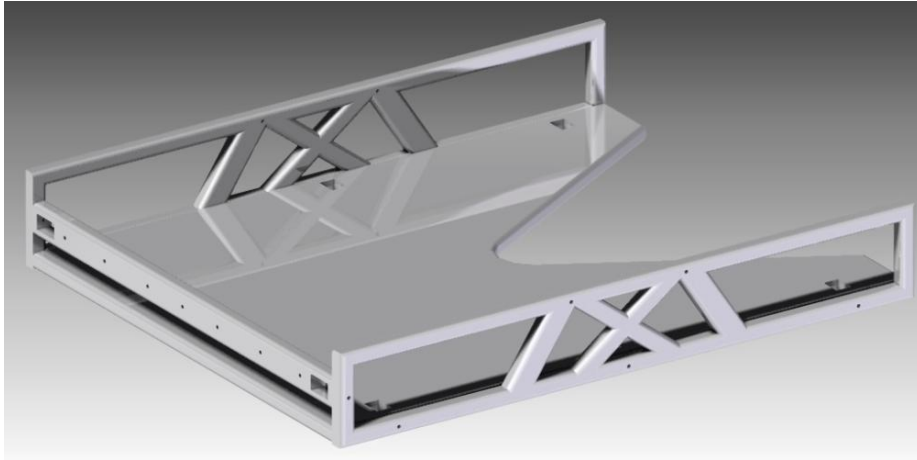


Fig. 7.2 Render del ensamble de la base modular

7.6 Ejemplo de aplicación de diseño para uso del ROV.

El objetivo de este ejemplo desde un principio es plantear el diseño conceptual para la toma de muestras de sedimentos y rocas de no más de 10 [cm] y al mismo tiempo, mostrar las consideraciones que se deben hacer para diseñar un módulo de muestreo para el ROV y hacer uso de sus recursos mostrando partes fundamentales de los aspectos más importantes y generales que se requieren para cualquier tipo de muestreador.

- Diseño conceptual para el módulo de extracción de sedimentos y rocas de 10 cm de diámetro. Las herramientas “árbol de objetivos” y la “matriz QFD” nos traducen las necesidades del usuario a requerimientos de ingeniería y arrojaron varios puntos a considerar donde la mayoría se cumplen en este proyecto excepto “mecanismo pequeño” y “Potencia y número de actuadores”, debido a que corresponden a la parte de construcción del modelo para observar su funcionamiento.

Cada una es considerada y en la aplicación se debe tener cuidado de llevarlas a cabo todas para que así sea lograda la solución al problema específico. Los dos puntos no logrados los indica la matriz QFD que están en el enfoque del *Diseño del mecanismo* que moverá todo el muestreador, el cual, sin embargo por ahora no es considerado.

Dentro de la gama de soluciones se encontró que la “Garra Multifunción” es la que mejor se adapta a las condiciones del ROV de acuerdo a las condiciones que se pusieron ya que hace ambas funciones “Tomar” y “Preservar” casi al mismo tiempo, esta propuesta de diseño se encontró durante el proceso al ser la más eficiente. Cualquier otro presenta problemas o requiere muchos más grados de libertad. Para corroborar la elección en la matriz de selección este hecho se propuso a un profesor de la Facultad de Ingeniería, con varios años de experiencia en la ingeniería marítima, hacer la misma matriz de decisión tomando en cuenta las mismas consideraciones y con las opciones de solución y se llegó al mismo resultado.

- Diseño de una interfaz usuario – ROV y Simulación virtual del control de los actuadores

Se toman las partes más representativas, precisamente el Diseño de una interfaz usuario – ROV y Simulación virtual del control de los actuadores mostrando la programación ,tanto como es posible, en forma básica con la idea de que cualquiera pueda tomar el código para modificarlo en su beneficio y aprovecharlo y llegar más rápido a su objetivo. Esta simulación se puede hacer en el caso práctico, es decir, una vez decidido, cada parte se puede simular virtualmente ya que lo mostrado en el capítulo 4 se considera varias partes como una comunicación continua en protocolo RS-232.

El microcontrolador 16f887es muy importante ya que tiene varias opciones para colocarle desde un protocolo directo RS-485, hasta varias entradas digitales y analógicas etc. En un momento dado es una excelente opción para el procesamiento de las señales y el control de los dispositivos. Además de que es muy sencillo de usar, barato y fácil de cambiar si se daña. El programa presentado es muy básico y presenta la comunicación serial y control de un par de actuadores, y el diagrama de flujo es genérico para cualquier microprocesador.

El programa Labview es presentado como una opción para la interfaz ya que se puede modificar muy fácil y aunque no todas las computadoras son aptas se puede crear un ejecutable para usar el programa. Y aunque se escogió este programa la estructura y diagramas de flujo son las mismas independientemente del programa elegido.

No obstante es una simulación virtual la programación y uso de la interfaz, el control de los actuadores y diferentes dispositivos es aplicable a un caso práctico ya que no cambia su forma de programación y/o funcionamiento. Esta herramienta de simulación ayuda para no dañar equipos, presentar hipótesis y “jugar” con las opciones de solución.

7.7 Conclusiones Generales

El tomar ventaja de las características de este tipo de vehículos es sumamente importante debido a la importancia, cercanía y aprovechamiento de los ecosistemas marinos pero tratando de evitar dañarlos y por supuesto, debido a la peligrosidad inherente de las aguas para el ser humano al no ser su hábitat natural.

Acondicionar según la RAE [20] es “Disponer o preparar algo de manera adecuada a determinado fin, o al contrario poner las condiciones suficientes para que funcione algo” Así, el trabajo realizado propone diferentes condiciones básicas y necesarias para que cualquier persona pueda encontrar la información necesaria para lograr colocar un sistema de extracción de muestras. Se dan las bases para la comunicación y alimentación, procesamiento de señales de la superficie traducidas en movimiento de actuadores y diseño mecánico y conceptual para un sistema inexistente.

Las bases propuestas van de la mano con el análisis y estudio eléctrico-electrónico del ROV, objetivo secundario. Y a partir de esta parte esto se cumplió otro objetivo, el de obtener el diseño para una Base Modular capaz de integrar y colocar el sistema de extracción de muestras en el vehículo submarino propiedad del ICMYL, en el cual se plantea tener módulos intercambiables dependiendo de la necesidad de muestreo. Una vez teniendo este módulo se puede considerar empezar a diseñar otros módulos o mejorar otro sistema, se ha dejado el camino planteado.

Cabe recordar que es un equipo de observación, así se compró originalmente. Pero ahora tiene la posibilidad de ser para la exploración. Sin embargo, no es en su totalidad para esta nueva función adaptada. Por esta razón y por sus restricciones naturales como la potencia y número de hélices no es posible colocar una gran cantidad de módulos al mismo tiempo, solo se colocarán los que se piense que son fundamentales o aplicados en esa jornada de investigación.

Todas las modificaciones aquí planeadas son las mínimas, ya que si se hicieran más profundas el equipo podría ser dañado. Por esta misma razón no se plantean grandes movimientos dentro del ROV en circuitería, este proyecto se basa en lo que se puede modificar, adaptar al ROV y sus equipos mecánica y eléctricamente. No obstante, esta es la primera iteración de diseño con lo cual se planten metas que dejen ver la capacidad y/o factibilidad del proyecto a corto plazo.

El ejemplo de aplicación de diseño para uso del ROV deja entrever las capacidades y restricciones para diseñar. Desde luego hay capacidad para hacerlo y condiciones. La simulación ayuda mucho para saber a que se puede enfrentar el ingeniero, sin embargo el siguiente paso es de igual importancia al construir lo pensado. Cada parte de este ejemplo da la pauta para continuar ya que se considero cada aspecto: la eléctrica-electrónica, mecánica y diseño del dispositivo para realizar la tarea.

Indudablemente se pretenden varias etapas hasta llegar al objetivo principal. El diseño ingenieril lleva su tiempo y tiene sus iteraciones de diseño y pruebas hasta llegar a objetivo deseado. Pero este trabajo junto con algunos otros abre cada vez más camino a futuras incursiones en este tema.

Ahora se comprende que la tecnología usada en otros países es la misma que se puede conseguir aquí en México, nada fuera de este mundo. La diferencia es en donde se aplica, las oportunidades que se dan para hacerlo y llegar al objetivo pero haciendo una diferencia para que sea consumible y costeable para los mexicanos. Este proyecto por el principio de ser de generación mexicana ya no esta dentro de los precios de la extranjera, se reducen indudablemente los costos y la acción, actividad y solución a la toma de muestras es la misma pero ahora dando oportunidad a ingenieros mexicanos con bases fundamentadas para realizar el proyecto.

CAPÍTULO 8. Recomendaciones y consideraciones para un trabajo futuro

8.1 Análisis eléctrico y de control para el uso del sistema de muestreo

8.1.1 Circuito Adaptador de Protocolos

Como se vio en diagramas anteriores la conexión ya está hecha a la entrada y salida del ROV y sus dispositivos. Sin embargo, no hay conexión externa. El protocolo estándar normalmente usado en las computadoras y microcontroladores es el RS232. Debido a esto es necesario usar un circuito que acople las señales y las lleve de un protocolo a otro dependiendo del caso de comunicación.

En primer lugar se hace una comunicación desde una computadora de protocolo estándar RS232 y entra al conector AUX 1 o AUX 2 detrás de la Unidad de Superficie, el cual tiene dos entradas A y B correspondientes a los canales del protocolo RS485 para largas distancias, el cual tiene varias ventajas como la velocidad de conexión que va 35 Mbps hasta 10 metros y 100 Kbps en 1.200 metros, la conexión de varios dispositivos a las misma línea de comunicación y sobre todo reduce considerablemente las interferencias o ruido en la señal por su par trenzado de cables, cabe recordar que el ambiente natural de trabajo del ROV es el océano.

Este circuito es comercial y hace una conversión bidireccional entre protocolos,

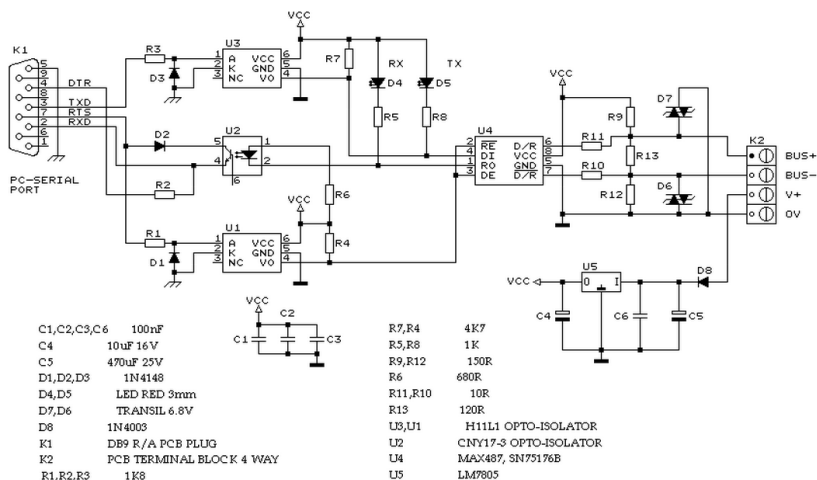


Fig. 8.1 Circuito adaptador de protocolos Fuente [22]



Fig.8.2 Algunos ejemplos comerciales de diferentes características Fuente [21]

Es muy necesario conseguir los conectores para cada etapa del circuito. Una vez iniciado el proyecto sin éstos no se podrá llevar a cabo.

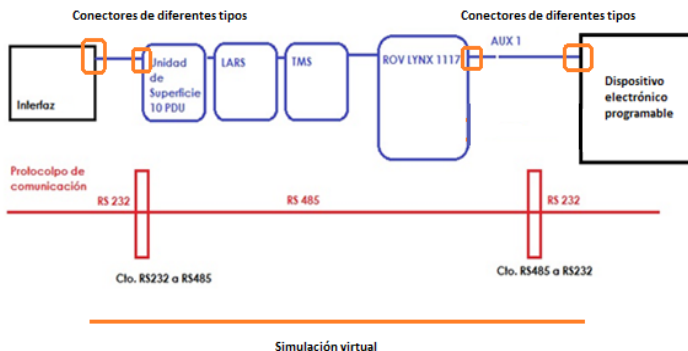


Fig. 6.13 Interfaz y el microcontrolador propuesto dentro del Sistema Lynx y simulación virtual

8.2 Diseño de una base modular

8.2.1 Recomendaciones en el momento de tomar la muestra.

Con el instrumento tipo “recogedor”, deberá asegurarse de que el contacto con el sedimento se realiza suavemente para minimizar las posibles perturbaciones.

En el momento de la extracción y si el instrumento es una draga, hay que asegurarse de que entre sus mandíbulas no haya quedado retenido ningún objeto que haya dificultado su perfecto cierre y posibilitado la pérdida de la parte fina del sedimento; de ser éste el caso, habrá que repetir el muestreo.

8.2.2 Posibles Modificaciones

Si en algún momento dado se quiere poner una base más grande adquiriendo un TMS mayor, la limitante del espacio y fuerza de las hélices se aminora pero se tiene que considerar lo siguiente.

- Peso del ROV: 175 kg agua, 217 kg en superficie
- Carga útil 37 kg
- Hélices: empuje adelante 69 kgF, lateral 45 kgF, vertical 39 kgF
- Dos salidas Auxiliares a 24 VDC @ 200 mA, pero para ser prácticos se usaría una para el muestreo y otra para anexar otra hélice cuyas características son las siguientes:

Voltage Nominal	250 VDC
CorrienteNominal	4.5 A (corrida normal)
Hélice @ 2000RPM	25 kgf
Peso en Aire	3.7 kg (incluyendo propela and nozzle)
Peso en el agua	2.2 kg (incluyendo propela and nozzle)
Máx. Profundidad	Hasta 2500 m
Control de Señal	PWM para señal de velocidad
Electrónica	24 VCD @ 200 mA reversible

La cantidad de módulos que se le pueden montar depende de cómo se combine lo anterior, las características de las hélices y la toma de muestras. Solo se podrá decir cuánto pueden cargar las hélices y dependiendo de eso se tomará la decisión en el futuro, si se ponen más módulos pero con pocas muestras de características específicas. O sólo un módulo pero modificando la base para que pueda cargar más muestras.

Si se monta otra hélice se debe considerar el requerimiento de energía, mayor peso, menos grados de libertad posibles a usar aunque mayor capacidad de carga.

Se deben considerar todos los pesos, incluyendo el de la circuitería, ya que aunque en teoría no es pesada no se puede añadir nada a la caja de conexiones EPOD del ROV debido a que esta sellada completamente y con una presión diferencial colocada desde la superficie y no tiene espacio para otras tarjetas electrónicas. Se debe diseñar la tarjeta y el lugar donde se coloque, por lo general se usan aceros y por su naturaleza son pesados pero con sus respectivos sellos no tiene problema de fugas, sin embargo es una carga extra.

Luego de tener el módulo de extracción de sedimentos se puede comenzar a diseñar otros como el que considera los nódulos polimetálicos, Bentos, Fitoplactón, de agua, etc, todos coinciden en las condiciones que se usan en el ROV y el espacio destinado. En un caso aparte, si se requiere adquirir sedimentos en cilindros, casi todo el proceso de diseño debe realizarse de nuevo debido a que cambia casi todas las condiciones como la cantidad de muestra, la forma de tomarla, el espacio requerido, etc.

8.3 Ejemplo de diseño de aplicación para uso del ROV.

8.3.1 Diseño conceptual para el módulo de extracción de sedimentos y rocas de 10 cm de diámetro.

La “garra multifunción” es la solución propuesta, sin embargo tiene problemas en cuanto a la cantidad de muestras que puede tomar. Los investigadores, según la información que se recabo, por lo menos necesitan 250 [gr] de sedimentos pero entre más mejor. La cantidad de muestra está en función del tamaño de la “garra”, pero también es posible tener una serie de “garras” dentro del ROV dependiendo del mecanismo y sus capacidades que se diseñe en un futuro. Además, este mecanismo debe ser útil para varios módulos en el mejor de los casos.

Los actuadores que se le coloquen a la “garra” deben ser bien escogidos ya que deben tener la suficiente fuerza para realizar sus tareas y tamaño y características deben ser las mínimas para que no estén sobrados y se desperdicien recursos.

Si se requiere llegar a una posición inicial automáticamente son necesarios sensores adecuados, sin embargo, si esta función no existe el sistema será de lazo abierto y la cinemática inversa no será necesaria.

Una vez diseñando el órgano terminal se pueden considerar otras formas complementarias para asegurar la pureza de la muestra como dispositivos con diferencia de presiones los cuales ya están patentados muchos de ellos.

Mecanismo

El mecanismo es un trabajo entero, debido a que debe tener muchas consideraciones para que sea colocado en el ROV sin tener que desaprovechar espacio, energía y carga útil.

Por medio de un Auxiliar se pueden controlar varios actuadores debido a que la alimentación está libre y la comunicación es continua, además de que el microcontrolador tiene varias salidas digitales.

El mecanismo debe ser capaz de mover los diferentes dispositivos, por ejemplo: “la garra multifunción” que tiene dos grados de libertad pero poca opción de guardar muestras así que posiblemente se coloquen más de una. Para el sistema de tracción, es necesario uno especial ya que no hay mucho espacio dentro de la base, posiblemente se tiene que “invadir” parte interna del ROV. Aquí también influyen mucho los actuadores deben muy bien seleccionados y simples como solenoides o alguno que pueda dar más de un grado de libertad por motor, en un caso ideal.

8.4 Diseño de una interfaz usuario – ROV y Simulación virtual del control de los actuadores

Aunque se programe todo en el protocolo RS-485 los conectores no están hechos para conectarse así directamente, por ejemplo la computadora solo tiene entradas para el protocolo RS-232, es necesario un adaptador.

Si aún se requiere una simulación virtual se puede hacer en otros software que pueda manejar los movimientos del mecanismo, por ejemplo *Mathematica*® o *Matlab*® o el mismo *LabView*® que se pueden aprovechar para ver el comportamiento del extractor de muestras pero dirigido a otros aspectos como el control o el movimiento del mecanismo. Lo más recomendable es llevar a cabo la construcción para hacer pruebas directamente.

CAPÍTULO 9. ANEXOS

ANEXO 1. Sistema Estándar Lynx [23]

La estructura de funcionamiento del ROV es debida a su Sistema Estandar Lynx, el cual le provee de energía, controles, interfaces usuario-dispositivo, lanzamiento y recobro, protección durante el sumergido y comunicación.

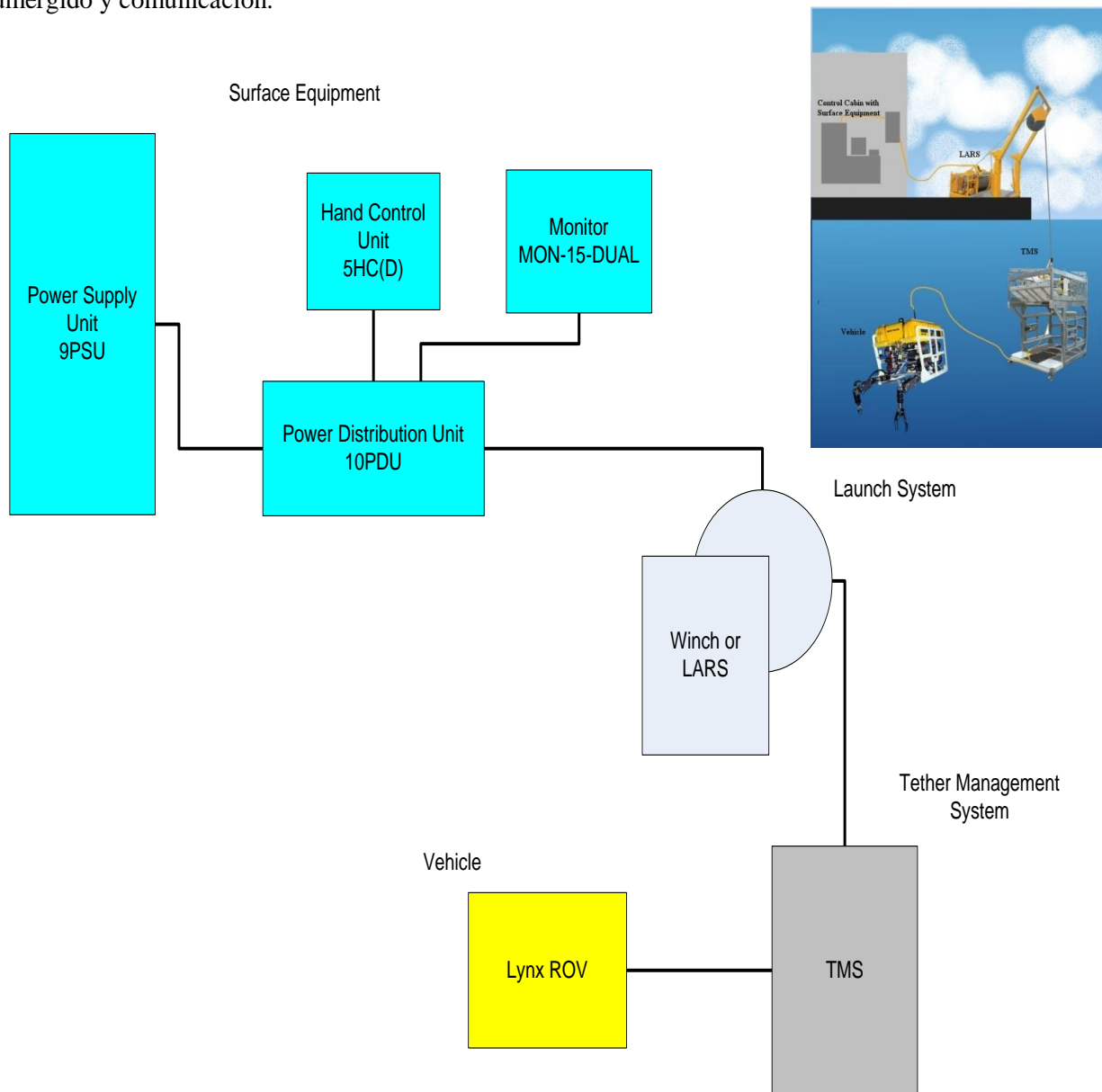


Fig. 9.1 Sistema Estándar Lynx

Equipo de Superficie:

- Unidad de suministro (Power Supply Unit) – 9PSU
- Unidad de Distribución (Power Distribution Unit) – 10PDU
- Unida de Control Manual (Hand Control Unit) – 5HC(D)
- Monitor – MON-15-DUAL

Winch or Launch and Recovery System (LARS)

Tether Management System (TMS)

ANEXO 2. Principales componentes del Sistema y sus características [23]








Equipo	Características	Fotografía
Power Supply Unit 9PSU	Posibles (220/380/410/440/475 VAC) Proporciona : <ul style="list-style-type: none"> • 110 VCA para PSU para suministros internos • 240 VCA para equipo de superficie • 240 & 440 VCA para equipo subacuático • 260-360 VCD para equipo subacuático 	entradas: 
Unidad de Superficie 10PDU	La Unidad de Superficie (SU) proporciona la distribución del suministro del PSU y es la principal interface para el TMS. Sus funciones incluyen: <ul style="list-style-type: none"> • Distribución de CD y CA • Indicadores de voltaje y CD • Control del video • Teclado para configuración del sistema • Conexiones para el sistema • Sistemas de control para el TMS 	
Unidad de Control Manual HC(D)-5A	<ul style="list-style-type: none"> ○ La Unidad de Control Manual (HCU) proporciona la interface entre el operador y el TMS por una serie de controles y switches ○ La HCU controla: <ul style="list-style-type: none"> • TMS rescate In/Out. • Luces On/Off La interfaz “voladora”: <ul style="list-style-type: none"> • Movimiento y velocidad del ROV • Control de inclinación • Luces • Habilitación de élices • Habilitación del sonar • Control de la cámara • Control de profundidad 	
Monitor MON-15-DUAL	Muestra el video capturado por el vehículo “Overlays” información de la telemetría. Muestra el menú para las configuraciones	
Caja de Conexiones de cabina	Es el final del cable ADU3 de la caja de conexiones estática de la unidad de superficie. Proporciona la parte final del suministro de voltaje, de la conexión del video y de los datos de conexión de control	
TMS (Tether Management System)	Su propósito es dar protección al ROV durante el lanzamiento y recobro El TMS es capaz de operar con vientos en la escala Beaufort 8. Un cable protegido que proporciona las conexiones eléctricas entre la superficie y el equipo sumergido. El ROV puede ser lanzado a 150 m (dependiendo del tamaño del cable umbilical) del sistema de lanzamiento. Este cable no está protegido al no tener cargas pesadas	
Sistema TMS2	<ul style="list-style-type: none"> ○ El Tether Management System (TMS) Type TMS2 consiste en un sistema de lanzamiento submarino y equipos de control de superficie. El equipo de control de la superficie se integra con la unidad de superficie Panther Plus para proporcionar los medios de comunicación y control de la operación de la TMS ○ El principal cable (Tipo ADU3) actúa como la interface eléctrica entre la electrónica de superficie (Unidad de superficie), vía Caja de Conexiones de cabina, y la electrónica del TMS. ○ El sistema TMS2 consiste de: <ul style="list-style-type: none"> • Cable principal (ADU3). • Jaula TMS (TMS2). • Cordón (5832 umbilical). 	
TMS2	<ul style="list-style-type: none"> ○ La jaula TMS consiste de: <ul style="list-style-type: none"> • Electrónica TMS • Montaje de lanzamiento hidrostático • Sistema de rescate • Montaje de elevación • Sistema de compensación de presión • Sensor de conteo • Motor SM4M Caja de aceite	
Caja de Electrónica	Es el lugar donde se encuentran los circuitos eléctricos en el ROV, es del Tipo TMSEPM-2C, manufacturada en aluminio anodizado de alta resistencia, que proporciona el alojamiento para la electrónica del TMS. También posee alarmas de vacío.	

Tabla 9.1 Principales componentes del Sistema y sus características

Anexo 3. Características Vehículo [24]

<i>Usado como vehículo de reconocimiento</i>	<i>Cuatro canales simultáneos de video</i>	<i>Transmisión de video por fibra óptica</i>	<i>Enfoca miento y zoom de la cámara</i>
<i>Espacio adaptable aproximado 48x30x6 [in]</i>	<i>Motores Seaeye de CD de las hélices SM4M con control de velocidad en retroalimentación</i>	<i>Salida y profundidad automática</i>	<i>Auto soporte en agua de mar</i>
<i>Interfaz para los sensores de reconocimiento</i>	<i>Chasis de Polipropileno</i>	<i>Más ligero en el aire que el acero o aluminio</i>	
<i>No se oxida en agua de mar</i>	<i>Resistente y elástico</i>	<i>Totalmente modular</i>	
Número de serie	1117		
Largo	1260 mm		
Ancho	825 mm		
Altura	625 mm		
Peso en aire	175(sin lastre),217 con lastre		
Lastre	42 en aire, 46.4 en agua de mar calculada		
Carga útil	37 kg		
Máx. profundidad	1500 msw		
Fuerza de empuje hacia frontal	69 kgF		
Fuerza de empuje hacia lateral	45 kgF		
Fuerza de empuje hacia vertical	39 kgF		
Iluminación	Dos canales de luz (2x150 W lámparas de cuarzo por canal)		
Cámaras	CAM04N a Color		
Sensor de profundidad	Precisión de 0.1% +- FSD		
Brújula	Precisión de 1% +-		
Piloto automático	Manteniendo curso y profundidad		



Fig. 9.2 Lynx 1117

Tabla 9.2 Características del Vehículo

ANEXO 4. Alimentación y Diagramas electrónicos [23]

El sistema Lynx trabaja con varios dispositivos para que el ROV pueda sumergirse y realizar sus actividades, estas se pueden ver en el Anexo. La intención no es saber cómo funcionan detalladamente sino describir lo más importante del funcionamiento para lograr el objetivo.

La Unidad de Suministro de Poder o 9PSU por sus siglas en ingles, tiene las siguientes características:

Posibles entradas:

(220/380/410/440/475 VAC)

Proporciona:

- 110 VCA para PSU para suministros internos
- 240 VCA para equipo de superficie

- 240 & 440 VCA para equipo subacuático
- 260-360 VCD para equipo subacuático

Los voltajes que van al equipo subacuático llegan a éste por medio del Cable ADU4 (como se vi en el diagrama en la parte de Conexión) y van al conector U1 del POD o caja impermeable que se encuentra dentro del ROV (*buscar en el ANEXO una mejor descripción*).

Una vez dentro del ROV y del equipo impermeable se transforman los 440 VCA a 25 VCD con los cuales se alimentan a los diferentes dispositivos:

- Hélices
- Brújula - Algunas luces
- Sonar
- Cámara
- Y a los Auxiliares 1 y 2

6051AP PSU PCB

En nla Fig. 9.3 se muestra la tarjeta PCB 6051AP PSU que trabaja con la alimentación de la uperficie y luego otorga la alimentación para cada dispositivo y actuador.

Características:

- Los 440 VCA entran por el cable U1 y se transforman en 25 VCD. Este voltaje pasa a todas sus tarjetas.
- Proporciona 5 PSU circuitos independientes y dos circuitos de protección de voltaje
- Cada PSU acepta 25 VCA y por una red de puentes rectificadores produce una salida de CD
- Un capacitor suevaiza la salida de CD
- Links en la PCB configuran la salida de voltaje
- Cuenta con un fusible para proporcionar proteccion en la salida de la fuente
- El SSRS detecta el cambio en la rotación el cual da una señal de salida hacia el control de las hélices pasando por su PCB

Diagramas Electrónicos Principales [23]

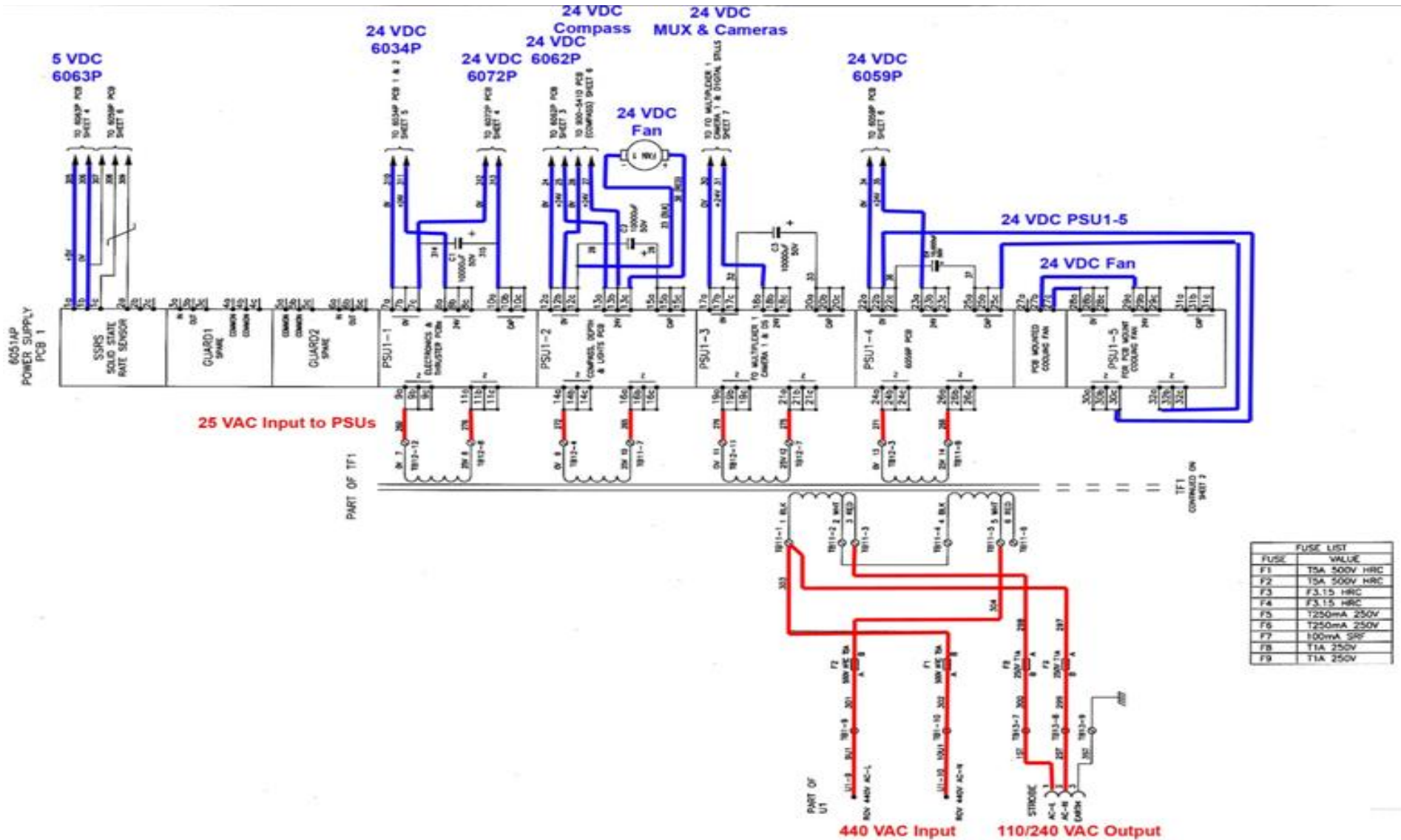


Fig. 9.3 Tarjeta 6051AP PSU de alimentación

Alimentación de los auxiliares [23]

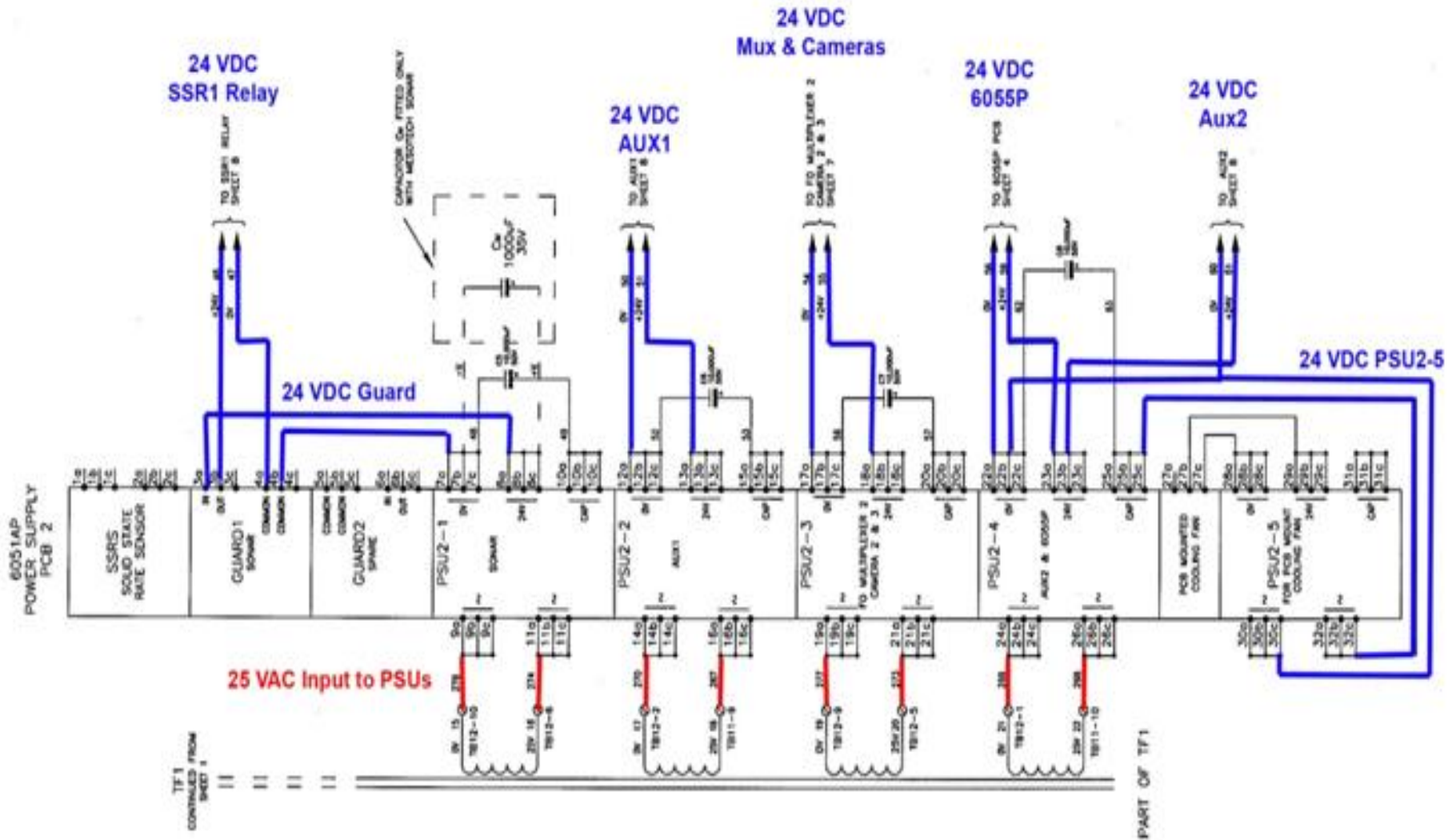


Fig. 9.4 Alimentación de los auxiliares .Las salidas útiles son los Auxiliares 1 y 2, como se ha visto. El AUX 1 se encuentra en la PSU2-2 y en sus pines 50 y 51 tiene 0 [V] y 24 [V], respectivamente. De igual manera en la tarjeta PSU2-4 en los pines 60 y 61 se encuentra la alimentación del AUX 2.

ANEXO 5. Hélices [23]

El sistema Lynx usa 6 motores de CD del tipo SM4-M para sus hélices. Cuatro para la propulsión horizontal y dos para la vertical dando total control en las 3 dimensiones.

Especificaciones de las hélices

Voltage Nominal	250 VDC
CorrienteNominal	4.5 A (corrida normal)
Hélice @ 2000RPM	25 kgf
Peso en Aire	3.7 kg (incluyendo propela and nozzle)
Peso en el agua	2.2 kg (incluyendo propela and nozzle)
Máx. Profundidad	Hasta 2500 m
Control de Señal	PWM para señal de velocidad
Electrónica	24 VCD @ 200 [mA] reversible
Conector	7 – vías



Fig. 9.5 Hélice

ANEXO 6. Seaeeye CAM04N Cámara a Color [23]

El sistema Lynx esta proveido con una cámara Seaeeye CAM04N. Esta tiene una alta resolución, formato NTSC, cámara a color CCD que incorpora un iris automático y lentes de enfoque automático. La salida tiene una resolución de 480 TVL con una sensibilidad de 0.3 lux.

Especificaciones

Frecuencia de escaneo	15.625kHz by 50Hz
Sincronización	Interna
Salida de Video	1 V pico a pico, 75 ohm
Relación Video S/N	Mayor a 50 dB
Resolución	540 Televisión Lines
Sensibilidad	0.35 Lux
Lentes montaje	“C” Mountaje
Alimentación requerida	24 VDC (± 10%) 4W
Tipo de lentes	½” Esferico 3.8mm lentes, ángulo ancho, enfoque arreglado (Campo de visión:91° en agua)
Iris	Automático
Montaje	C/CS Mount
Tamaño total (máx.)	300 mm
Diámetro Total	102 mm
Peso en aire	2.75 kg
Peso en agua	500 g
Máx. Profundidad	2000 m

Tabla 9.3 Especificaciones de la cámara CAM04N



Fig. 9.6 Cámara CAM04N

ANEXO 7. Funciones de Auxiliares [23]

AUX 1 y AUX 2 son disponibles para el uso auxiliar del cliente. Cada salida tiene 24 VCD a su salida.

Notas

Aux2 suele usarse para proveer referencia CP cuando el vehículo es equipado con un sensor de proximidad. Para evitar degradación por ruido NO use el par auxiliar umbilical (AUX 2) y CP de proximidad en modo de operación simultáneamente.

Si el sistema es usado con un CP prueba de contacto, el CP de referencia puede ser cableado en la caja de conexiones para proporcionar el AUX 2.



Fig. 9.7 Tipos de conectores [31]

ANEXO 8. Microcontrolador PIC 16F887 [25]

Características

- Memoria de Programa Flash de 8 Kb, 1 000 000 ciclos, R/W mientras corre
- Memoria RAM 368 b
- Memoria EEPROM 256 b
- Arquitectura de procesador : Harvard
- Arq. De instrucciones RISC y SISC
- 40 pines
- 2 Timers/Contadores
- 17 Interrupciones
- Convertidor A/D de 14 canales de 10 bits
- 2 Módulos de captura, Comparación PWM
- 2 Comparadores Analógicos
- Frecuencia de oscilación máx. 20 Mhz
- Oscilador interno seleccionable 8 MHZ – 31 KHz
- Voltaje de alimentación de 2.0 a 5.5 V
- 35 instrucciones
- Comunicación paralela
- Comunicación serie: EUSART (RS 232, RS485, LIN 2.0) MMSP (12C, SPI)
- Fuentes especiales de Reset (POR, BOR)
- Fuentes especiales de retardo (PWRT, OST)
- Watch Dog Timer (WDT)

Características EUSART

- Transmisión y recepción en modulos full-dúplex y half-dúplex
- Entrada de buffer dos caracteres
- Salida de buffer de un carácter
- Argo de cadena programable 8 y 9 bits
- Detección de sobre marcha en la entrada
- Detección de error de encuadre de carácter en recepción
- Configuración como esclavo en comunicación síncrona half-dúplex
- Configuración como maestro en comunicación síncrona half-dúplex
- Polaridad de reloj cingurable en el modo síncrono
- Operación durante sleep

ANEXO 9. CREAX . Innovación para la creatividad [26] [27]

Base de datos de funciones

Se puede usar la base de datos de funciones cuando se busca dar una alternativa o varios métodos efectivos de una función que estamos mejorando. Para hacer esto la base de datos ha sido creada como una colección de conocimiento detallando la forma clave de funcionar de ciertas funciones.

Una enciclopedia de soluciones ordenada por función ofrece un muy útil punto de partida primeramente identificando y luego averiguando más sobre las alternativas que pudieran ser. Esta clase de clasificación de funciones es una muy efectiva manera de quitar los límites que existen entre diferentes industrias y disciplinas científicas.

La base de datos se otorga primeramente para dars cuenta de los posibles diferentes métodos disponibles, pero también para ayudar a entender como aplicar cada método. La lista de efectos debería también actuar como herramienta de búsqueda cuando se usan métodos en línea para encontrar más información acerca de una función dada.

ANEXO 10. Características Polipropileno [8]

PROPIEDADES MECANICAS A 23°C	UNIDAD	ASTM	VALORES
PESO ESPECIFICO	gr/cm ³	D-792	0.91
RESIST. A LA TRACC.(FLUENCIA / ROTURA)	Kg/cm ²	D-638	300 / --
RESISTENCIA A LA FLEXION	Kg/cm ²	D-790	230
RES. AL CHOQUE SIN ENTALLA	Kg.cm/cm ²	D-256	NO ROMPE
ALARGAMIENTO A LA ROTURA	%	D-638	600
MODULO DE ELASTICIDAD (TRACCION)	Kg/cm ²	D-638	11500
DUREZA	Shore D	D-2240	71 - 74
PROPIEDADES TERMICAS	UNIDAD	ASTM	VALORES
CALOR ESPECIFICO	Kcal/Kg.°C	C-351	0.48
TEMP. DE FLEXION B/CARGA (18.5Kg/cm ²)	°C	D-648	55
COEF. DE DILATACION LINEAL DE 23 A 100°C	por °C	D-696	0.00018
COEF. DE CONDUCCION TERMICA	Kcal/m.h.°C	C-177	0.19

Tabla 9.4 Características Polipropileno. Fuente [8] Industrias JQ, Plásticos de ingeniería.

Módulo elástico en tracción	(GPa)	1,1 a 1,6
Carga de rotura en tracción	(MPa)	31 a 42
Módulo de flexión	(GPa)	1,19 a 1,75
Resistencia al impacto	Charpy (kJ/m ²)	4 a 20
Dureza Shore D		72 a 74
Dureza Shore D		72 a 74 67 a 73
		Más duro que el polietileno pero menos que el poliestireno

Propiedades físicas

- Es un material más rígido que la mayoría de los termoplásticos. Una carga de 25.5 kg/cm², aplicada durante 24 horas no produce deformación apreciable a temperatura ambiente y resiste hasta los 70 grados C.

- Posee una gran capacidad de recuperación elástica.

- Tiene una excelente compatibilidad con el medio.

- Es un material fácil de reciclar

Tiene además, un buen equilibrio de propiedades interesantes para producir muchos productos manufacturados, no se oxida, ni se deteriora, reduce la permeabilidad, tiene alta resistencia a los ambientes alcalinos y ácidos, posee buena

tenacidad. Por todo esto, el polipropileno es considerado uno de los plásticos más competitivos hoy en día. Los diferentes procesos que se le pueden aplicar al polipropileno, son fundamentalmente inyección, extrusión, moldeo por soplado y calandrado. Es apto para el termo conformado y conformado en frío. Aunque tiene una mayor tendencia a ser oxidado (problema normalmente resuelto mediante la adición de antioxidantes)

A baja temperatura el PP homopolímero se vuelve frágil (típicamente en torno a los 0 °C); no tanto el PP copolímero, que conserva su ductilidad hasta los -40 °C.

ANEXO 11. Características Polietileno [8]

PROPIEDADES MECANICAS A 23°C	UNIDAD	ASTM	VALORES
PESO ESPECIFICO	gr/cm ³	D-792	0.93
RESIST. A LA TRACC.(FLUENCIA / ROTU	Kg/cm ²	D-638	200 / --
RESISTENCIA A LA FLEXION	Kg/cm ²	D-790	--
RES. AL CHOQUE SIN ENTALLA	Kg.cm/cm ²	D-256	NO ROMPE
ALARGAMIENTO A LA ROTURA	%	D-638	> 350
MODULO DE ELASTICIDAD (TRACCION)	Kg/cm ²	D-638	10000
DUREZA	Shore D	D-2240	61 - 64
PROPIEDADES TERMICAS	UNIDAD	ASTM	VALORES
CALOR ESPECIFICO	Kcal/Kg.°C	C-351	0.54
TEMP. DE FLEX. B/CARGA (18.5Kg/cm ²)	°C	D-648	46
COEF. DE DILATAACION LINEAL DE 23 A 1	por °C	D-696	0.0002
COEF. DE CONDUCCION TERMICA	Kcal/m.h.°C	C-177	0.36

Tabla 9.5 Características Polietileno. Fuente [8] Industrias JQ, Plásticos de ingeniería.

Impacto Izod (Norma ASTM D 256) > 13.6 J/m **

Apropiado para elementos de roce. Es el plástico de mejor resistencia a la abrasión. Indicado para guías y recubrimientos anti-desgaste, rodillos, tornillos alimentadores, etc.

Resistente a las bajas temperaturas; Alta resistencia a la tensión; compresión, tracción; Baja densidad en comparación con metales u otros materiales; Impermeable; No tóxico

El polietileno es un polímero que se caracteriza por:

1. Excelente resistencia térmica y química.
2. Muy buena resistencia al impacto.
3. Es sólido, incoloro, translúcido, casi opaco.
4. Muy buena procesabilidad, es decir, se puede procesar por los métodos de conformado empleados para los termoplásticos, como inyección y extrusión.
5. Es flexible, aún a bajas temperaturas.
6. Es tenaz.
7. No es atacado por los ácidos, resistente al agua a 100°C y a la mayoría de los disolventes ordinarios

Appendices

563

Mechanical properties of some plastics

Material	Strength			Elongation (%)	Rockwell hardness	Izod (ft lb/in.)
	Tensile (ksi)	Compression (ksi)	Tensile modulus (10 ⁶ psi)			
ABS						
Medium impact	6-8	10-12	3-4	15-25	R _R 108-115	2-5
Very high impact	4-6	8-11	2-3	15-40	R _R 85-105	7-8
Acrylic						
Cast	6-12	11-19	3-5	5	R _M 80-102	0.5
Molding grade	9-11	12-19	3-5	5	R _M 85-95	0.4
Epoxy						
Cast rigid	9-15	15-35	4-5	5	R _M 106	
Molded	8-20	20-40	15-25	5	R _R 75-80	1.4
Glass cloth laminate	30-40	30-60	30-39	3	R _M 115-117	10-30
Filament-wound comp	130-200	40-175	60-75	3	R _M 98-120	10-30
Fluorocarbon						
PTFE	2-7	1-2	1	350	R _J 790S5	3-6
PVF	5-7	8-9	1	100-300	—	3-4
Nylons						
Nylon 6	9-12	6-13	4	150	R _R 118-120	1-6
Nylon 6/6	12	6-12	4-5	60-300	R _R 118	1-2
Phenolic						
Mineral/glass fiber	5-12	30-40	1-2F	1-2	R _E 50-90	1-9
Shock and heat	4-9	25-30	15-25	1-2	R _E 80-90	1.6
Polycarbonate	9-11	10-12	3-4	130	R _M 70	12-18
Polyester						
Cast rigid	6-13	13-36	9-12F	4	R _B 45-65	0.3
Polyethylene						
Low density	1-3	—	0.3	50-800	S _D 73	20
High density	3-4	3-4	1-2F	50/1000	S _D 63	1-5
Polypropylene	4-5	5-8	1.6	300	S _D 72	0.4-2
Polystyrene	5-8	11-16	4.6	1-3	R _M 72	0.6
PVC	1-4	1-2	0.03	350	S _A 50-100	—

Source: DatsKo, Joseph, *Materials Selection for Design and Manufacturing*, (Marcel Dekker Inc., 1997.)

Tabla 9.6 Esfuerzos últimos de Polipropileno y polietileno. Fuente [17]

ANEXO 12. Propiedades Acero inoxidable [10]

CLASE III - Grupo Austenítico AISI304, 304L

Comúnmente llamado el acero inoxidable “todo propósito”, tiene propiedades adecuadas para gran cantidad de aplicaciones. Se recomienda para construcciones ligeras soldadas en las que el recocido no es práctico o posible, pero que requieren buena resistencia a la corrosión. Otras propiedades del tipo 304 son su servicio satisfactorio a altas temperaturas (800 °C a 900 °C) y buenas propiedades mecánicas.

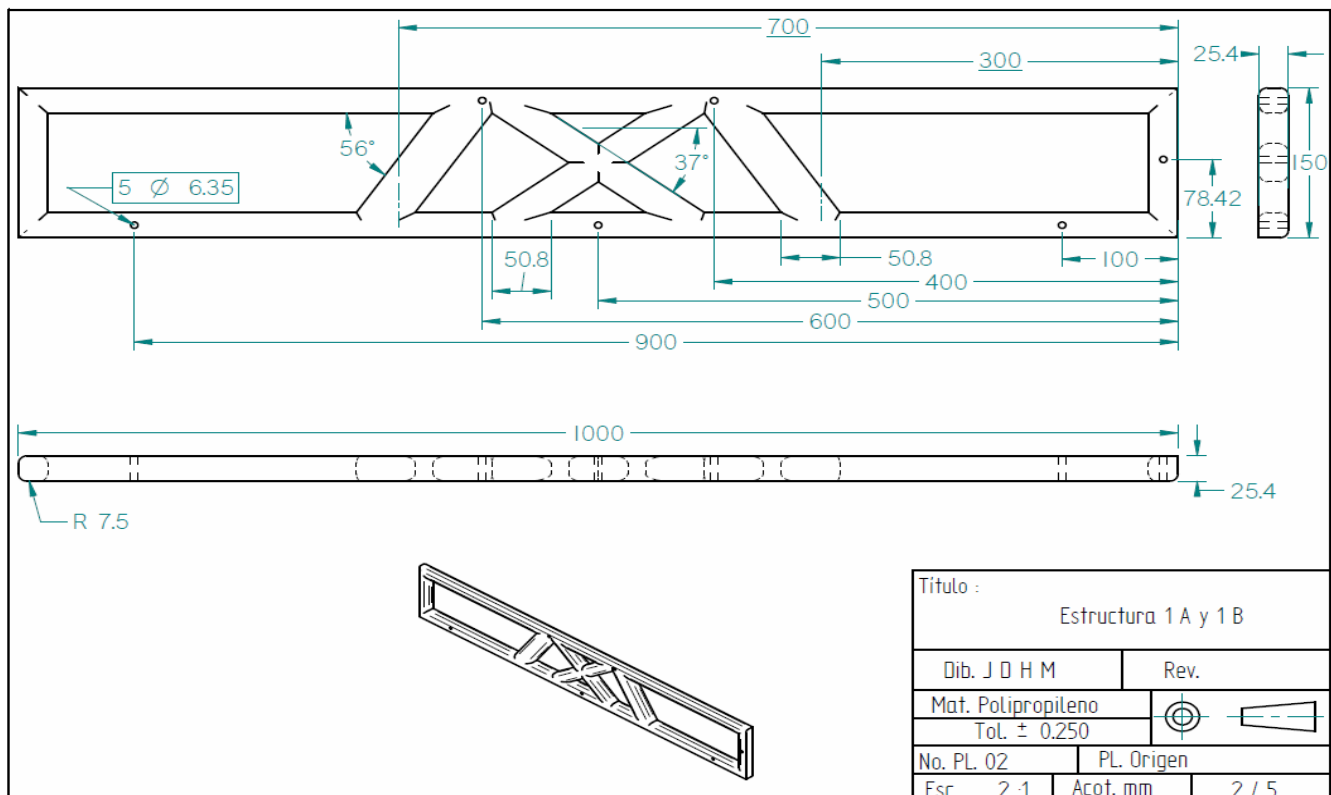
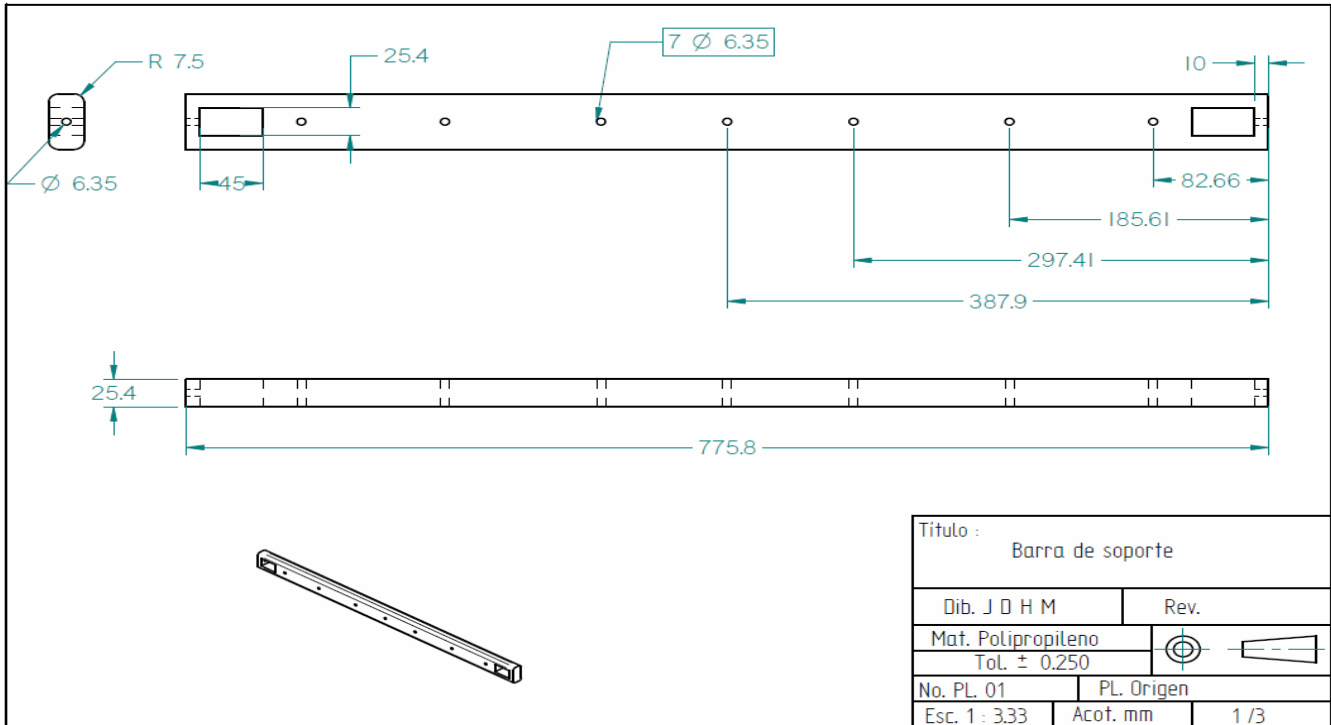
El tipo 304 contiene bajo carbono con lo que se evita la precipitación de carburos durante periodos prolongados de alta temperatura; tiene un contenido de carbono de 0.08% máximo por lo que se le considera un material satisfactorio para la mayoría de las aplicaciones con soldadura. El tipo 304L es recomendable cuando se tienen que soldar altos espesores de material (más de 1/ de pulgada) y la exposición a la temperatura de soldadura es mayor. Este grado contiene 0.03% máximo de carbono. En las aplicaciones de soldadura donde es posible el recocido, los carburos que se forman pueden ser eliminados por recocido seguido por enfriamiento rápido. El recocido sirve para relevar esfuerzos residuales en el área soldada.

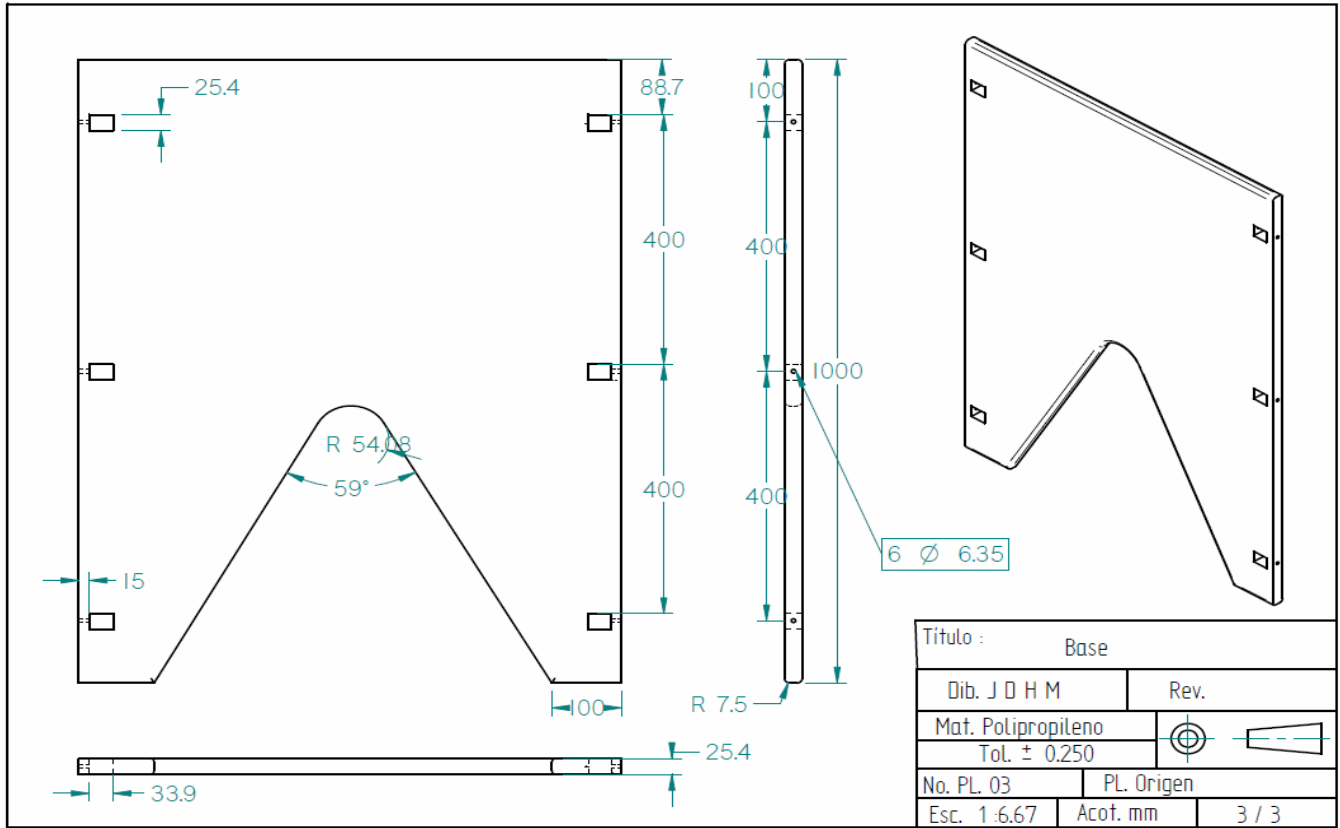
Tensile properties of some metals^a

Material	Condition	Strength			m	ϵ_f
		Yield (ksi)	Tensile (ksi)	σ_o (ksi)		
<i>Carbon and Alloy Steels^a</i>						
1002	1500°F-1 h A 0.032 in.	22.0	39.5	76.0	0.29	1.25
1002 ^b	1800°F-1 h A	19.0	42.0	78.0	0.27	1.25
1008 DQ	as rec'd 0.024 in.	25.0	39.0	70.0	0.24	1.20
1008 DQ	as above-trans	27.0	43.0	70.0	0.24	1.10
1008 DQ	1600°F-1 h A	26.5	40.0	—	—	—
1010	0.024 in. CRS strip	33.2	47.5	84.0	0.23	1.20
1010	as above-trans	36.8	48.5	88.0	0.26	1.00
1010	1600°F-1 h A	28.6	44.2	82.0	0.23	1.20
1010	as above-trans	29.1	43.8	82.0	0.23	1.20
1018	A	32.0	49.5	90.0	0.25	1.05
1020	HR	42.0	66.2	115.0	0.22	0.90
1045	HR	60.0	92.5	140.0	0.14	0.58
1144	A	52.0	93.7	144.0	0.14	0.49
1144 ^c	A	50.0	93.7	144.0	0.14	0.05
1212	HR	28.0	61.5	110.0	0.24	0.85
4340	HR	132.0	151.0	210.0	0.09	0.45
52100	spher A	80.0	101.0	165.0	0.18	0.58
52100	1500°F A	131.0	167.0	210.0	0.07	0.40
<i>Stainless Steels</i>						
18-8	1600°F-1 h A	37.0	89.5	210.0	0.51	1.08
18-8	1800°F-1 h A	37.5	96.5	230.0	0.53	1.38
302	1800°F-1 h A	34.0	92.4	210.0	0.48	1.20
303	A	35.0	87.3	205.0	0.51	1.16
304	A	40.0	82.4	185.0	0.45	1.67
202	1900°F-1 h A	55.0	105.0	195.0	0.30	1.00
17-4 PH	1100°F aged	240.0	246.0	260.0	0.01	0.65
17-4 PH	A	135.0	142.0	173.0	0.05	1.20
17-7 PH	1050°F aged	155.0	185.0	225.0	0.05	0.90
17-7 PH	900°F aged	245.0	255.0	300.0	0.04	0.50
440 C	Solution HT	63.5	107.0	153.0	0.11	0.36
440 C	A 1600°F-50°F/h	67.6	117.0	180.0	0.14	0.12
<i>Aluminum Alloys</i>						
1100	900°F-1 h A	4.5	12.1	22.0	0.25	2.30
3003	800°F-1 h A	6.0	15.0	29.0	0.30	1.50
2024 ^c	T-351	52.0	68.8	115.0	0.20	0.37
2024	T-4	43.0	64.8	100.0	0.15	0.18
7075	800°F A	24.3	33.9	61.0	0.22	0.53
7075	T-6	78.6	86.0	128.0	0.13	0.18

Tabla 9.7 Esfuerzos últimos de aceros inoxidables. Fuente [17]

ANEXO 13 Planos base modular





CAPÍTULO 10. Referencias y Bibliografía

- [1] Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, **Equipo Oceanográfico**. Página electrónica consultada en noviembre del 2010, disponible en <http://www.icmyl.unam.mx/2programa_equipo_oceanografico.html>
- [2] Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, **Buques Oceanográficos**. Página electrónica consultada en noviembre del 2010, disponible en <http://www.icmyl.unam.mx/2aniversario_puma.html>
- [3] ADITECH, Advanced Diving Technology, **Brazo manipulador**. Página electrónica consultada en diciembre del 2010, disponible en <<http://www.aditech-uw.com/es/foto-video-submarino/795-brazo-manipulador.html>>
- [4] ROBOTNIK, **Brazo eléctrico submarino**. Página electrónica consultada en diciembre del 2010, disponible en <<http://www.robotnik.es/es/productos/brazos-roboticos/brazo-electrico-submarino>>
- [5] M. Herranz ,J. P. Bolivar Raya, E. Liger Pérez,J. Payeras Socias,J. L. Pinilla Matos. **Procedimiento de toma de muestras de sedimentos para la determinación de la radiactividad ambiental**. Informes Técnicos 11.2007,Serie Vigilancia Radiológica Ambiental.Colección Informes Técnicos. Edita y distribuye: Consejo de Seguridad Nuclear.Pedro Justo Dorado Dellmans, 11. 28040 - Madrid-España.© Copyright 2007, Consejo de Seguridad Nuclear
- [6] Rocha Cozatl, Edmundo. **Apuntes del curso de Control Automático FI UNAM**. 2010
- [7] FITZGERAL. **Mecánica de materiales** Alfa omega 1996 México D.F. pág. 515 Apéndice Propiedades físicas Promedio de Materiales Comunes. Propiedades Físicas típicas de materiales y esfuerzos permisibles para algunos materiales comunes Tabla 1B pág. 843
- [8] Industrias JQ, **Plásticos de ingeniería**. Página electrónica consultada en octubre del 2012, disponible en <<http://www.jq.com.ar/Imagenes/Productos/Polipropileno/PoliProp/dtecnicos.htm>>
- [9] Tornillos el Capitán. **Tornillería en acero inoxidable**.Página electrónica consultada en octubre del 2012, disponible en <<http://www.tornilloselcapitan.com/catalogo.php?subc=105&cat=1>>
- [10] Ingefilter. **Manual para técnico especializado en acero inoxidable**. Página electrónica consultada en octubre del 2012, disponible en <<http://www.ingefilter.com/pdf/Manual%20Acero%20Inoxidable.pdf>>
- [11] POPOV, Egor.**Mecánica de Sólidos**, Pearson Education 2da. Ed. 2000 México
- [12] R.C.HIBBELER. **Mechanics of Materials**. 6ta edición Prentice hall 2005 New Jersey
- [13] R.C.HIBBELER.**Mecánica vectorial para ingenieros, ESTÁTICA** .10° ed. PEARSON, México 2004.
- [14] CROSS, Nigel. **Engineering Design Methods, strategies for product design**. Ed. Wiley 3ra Ed. TA174 C756

- [15] DIETER, George E. **Engineering design. A materials and Processing approach**. 3rd. Edition Mc. Graw Hill TA174 D53
- [16] DIXON, John R. **Diseño en ingeniería. Inventiva, Análisis y Toma de decisiones**. Ed. Limusa-Wiley, S.A. 1970 México TA174 D59
- [17] FISHER, Lawrence w. TAYLOR, & Francis Group , **Selection of Engineering Materials and Adhesives**. 2005 USA. 557 a 563 pp.
- [18] ,DYGDON, Spencer. NOVAK. **Dibujo Técnico**. 7a. Ed. Alfaomega T353 56318
- [19] AYALA, Alvaro .**Normas para dibujo mecánico e Industrial**. T357 A93
- [20] Real Academia Española. **Diccionario de la Lengua Española**. Página electrónica consultada en noviembre del 2012, disponible en <<http://lema.rae.es/drae/>>
- [21] **Wiki about RS232 to RS485 Converters and Adapters**. Página electrónica consultada en enero del 2013, disponible en <<http://www.rs232-to-rs485.com/>>
- [22] Pinout. **RS232 to RS485 cable pinout**<http://pinouts.ru/Converters/rs485_cable_pinout.shtml>
- [23] SAAB, Seaeye. **Manual ROV Lynx System 1117**. 2006. United Kingdom
- [24] SAAB. **Seaeye Lynx Features**. Página electrónica consultada en dic del 2011, disponible en <<http://www.seaeye.com/lynx.html>>
- [25] Microchip. **Data Sheet Microcontrolador 16F887**
- [26] CREAM. **Innovation Consulting**. Página electrónica consultada en Noviembre del 2011, disponible en <<http://www.cream.com/index.htm>>
- [27] CREAM. **Function data base**. Página electrónica consultada en Noviembre del 2011, disponible en <<http://function.cream.com/>>
- [28] Facultad de ingeniería. **Misión y visión. Visión**. Página electrónica consultada en Noviembre del 2011, disponible en <<http://www.ingenieria.unam.mx/paginas/misionVision.htm>>
- [29] Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. **Antecedentes y áreas de investigación**. Página electrónica consultada en Noviembre del 2011, disponible en < <http://www.icmyl.unam.mx/> >
- [30] Malacología. **Recolección y preservación de los especímenes**. Página electrónica consultada en diciembre del 2011, disponible en <<http://web.uned.ac.cr/ecologiaurbana/wp-content/malacologia-web/recolec.htm>>
- [31] SubConn. **Conectores**. Página electrónica consultada en diciembre del 2012, disponible en<<http://www.subconn.com/connectors>>