

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01- 27

**SELECCIÓN DE SISTEMAS DE AGUAS Y DIRECCIÓN HIDRÁULICA PARA
EMBARCACIONES DE LUJO TIPO CATAMARÁN PRODUCIDOS POR LA
COMPAÑÍA NAVALCAT INTERNACIONAL S.A.S EN LA RAMA DE
PRODUCCIÓN YATCHCAT**

JAIME ALEJANDRO LOZANO SALDARRIAGA

Asesor

LUIS FERNANDO GRISALES NOREÑA

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

FACULTAD DE INGENIERÍAS

DEPARTAMENTO DE ELECTROMECAÁNICA

MEDELLÍN

2016

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

Muchos de los botes fabricados en Navalcat Internacional están diseñados para navegar en el mar y permanecer alejados de la costa, así, es muy importante tener agua potable disponible para el consumo humano. En este informe se refleja el interés de la empresa y el practicante por garantizar el correcto dimensionamiento y funcionamiento de todos los sistemas que involucran aguas tanto las dulces, como las salada. Sumado a esto el confort y la seguridad de los clientes son factores en los que se invierte bastante esfuerzo, entre los sistemas involucrados en conservar estos factores se encuentran los aires acondicionados y la dirección hidráulica, en este informe de práctica se muestra el esquema de cálculo de los componentes que se necesitan para proporcionar los diferentes servicios y garantizar su adecuado funcionamiento.

Palabras clave: Embarcaciones, Dirección hidráulica, Sistema de aguas, catamarán, Yachtcat 50 Ft

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Con este trabajo quiero agradecer a mi padre quien fue una ayuda y un apoyo fundamental a lo largo de toda mi carrera, a mi madre y abuela quienes estuvieron siempre pendientes de mi proceso de formación, también al profesor Luis Fernando Grisales quien me acompañó como asesor en la elaboración del informe de practica a Sacha Lapage de SeaStar quien me instruyó y dio a conocer los diferentes componentes presentes en las direcciones hidráulicas y a la empresa Navalcat Internacional y a su gerente Jorge Celis, por darme la oportunidad de trabajar con ellos en este periodo y a todos mis compañeros de trabajo y estudio.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS Y TERMINOLOGÍA

- ABYC: American Boat and Yatch council
- Babor: Parte izquierda del bote visto desde atrás hacia adelante
- Bilge pump (Bomba de achique): bomba automática encargada de drenar cualquier agua presente en el bilge.
- Bilge: piso interior ubicado en la parte más inferior del bote
- Bomba maceradora (Macerator pump): bomba a la salida del tanque de aguas negras, se encarga de licuar los residuos sólidos y drenar el contenido del tanque hacia el mar
- Calado: distancia desde el fondo del bote hasta la superficie del agua
- Cockpit: plaza trasera del bote
- Consola: lugar donde se ubican todos los elementos de navegación y control del bote.
- Deck: piso principal del bote
- Estribor: parte derecha del bote visto desde atrás hacia adelante
- Front mount: en los botes se manejan dos tipos de montaje para los cilindros hidráulicos, Front mount se refiere al cilindro montado al frente del motor, side mount es cuando el cilindro se ubica a un lado del motor.
- Línea de Flotación: línea delimitada por el mar alrededor del bote cuando se encuentra en su máximo calado
- Manifold: punto de conexión común de agua, generalmente se usa cuando se tienen varios elementos del mismo caudal, sean drenajes o tomas de agua a la salida de la bomba.
- Mezzanine: Escalón que divide el cockpit y el deck.
- Proa: Parte delantera del bote

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Seacock: Tipo de válvula que controla el ingreso o salida de agua a través del casco, operada por una llave de 90° permitiendo con claridad saber cuándo está abierta o cerrada.
- Steering Helm (Helm): Bomba hidráulica sobre la cual se instala el timón, esta se encarga de dirigir el fluido hidráulico hacia el lado que se gire, además almacena el aceite de reserve que se usa para mantener las líneas llenas.
- Steering wheel: timón, o volante, es la rueda que se hace girar en la dirección a la que se quiere llevar el yate.
- Strainer: Filtro de agua que separa material sólido, semisólido y material particulado, generalmente ubicado a la entrada cuando es agua salada o a la salida cuando es agua dulce.
- Sump pump: bomba encargada de recoger y drenar las aguas grises de los baños
- Truhull fitting: accesorio que pasa a través del casco, generalmente utilizado para drenajes del interior del bote al mar. Ubicados por encima de la línea de flotación y diseñados para ser directamente conectados a mangueras o tuberías.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	MARCO TEÓRICO	4
3	METODOLOGÍA.....	8
4	CÁLCULOS Y RESULTADOS.....	16
4.1	SISTEMA DE AGUA DULCE	16
4.1.1	Relación de tuberías y accesorios.....	16
4.1.2	Fijación de supuestos:.....	17
4.1.3	Calculo de la velocidad de flujo de tubería	18
4.1.4	Cálculo caudal de toma común (<i>Manifold</i>):.....	19
4.1.5	Cálculo de diámetro tubería toma común	19
4.1.6	Nuevo cálculo de la velocidad con el nuevo diámetro de tubería	20
4.1.7	Cálculo de rugosidad relativa:	20
4.1.8	Cálculo del número de Reynolds.....	21
4.1.9	Cálculo de pérdidas primarias h_{ap}	21
4.1.10	Calculo de pérdidas de carga secundarias por contracciones repentinas h_{as} (m)	21
4.1.11	Cálculo de pérdidas por accesorios h_{aa} (m):.....	22
4.1.12	Cálculo de las pérdidas totales h_t (m).....	23
4.1.13	Cálculo de las pérdidas de carga del sistema h_a , ecuación (9)	23
4.1.14	Cálculo de potencia de la bomba P_{neta} (W).....	23
4.2	SISTEMA DE AGUA SALADA	25
4.2.1	Aires acondicionados.....	25

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.2.2	Sanitarios y wash down.....	31
4.3	ACHIQUE.....	40
4.4	SISTEMA DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA.....	41
4.4.1	Caracterización de la embarcación.....	42
4.4.2	Selección componentes.....	43
5	DISCUSIÓN.....	49
6	CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	50
7	REFERENCIAS	51

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22


TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Moody (Çengel & Cimbala, 2006)	11
Figura 2. Expansión y contracción repentina KL reproducción de la tabla 8-4 (Çengel & Cimbala, 2006).....	12
Figura 3 Coeficientes de perdida en accesorios, reproducido de la tabla 8-4 (Çengel & Cimbala, 2006).....	13
Figura 4. Esquema de sistema de agua dulce.	17
Figura 5. Esquema de sistema de agua salada para aires acondicionados.....	26
Figura 6. Esquema agua salada sanitaria	33
Figura 7. Orden de magnitud para bilge pump (American Boat and Yacht Council. Hull Division Standard. Hull Performance Project Technical Committee, 2011) Pág. 6	41
Figura 8. Selección de cilindro según uso reproducido de (Marine Canada Acquisitions inc, 2015) página 3-3	43
Figura 9. Diagrama de conexión dirección hidráulica	47

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE TABLAS

Tabla 1. Listado de elementos agua dulce.....	16
Tabla 2. Propiedades del agua saturada, tomado de la Tabla A-3 (Çengel & Cimbala, 2006)	18
Tabla 3. Valores típicos de coeficientes de rugosidad, reproducido de (staff, Meadows, Walski, Barnard, & Durrans, 2002).....	20
Tabla 4. Listado de unidades de aire acondicionado. reproducido de (Webasto Thermo & Comfort Ibérica, S.L.U, 2016)	25
Tabla 5. Componentes agua salada sanitaria.	32

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

1 INTRODUCCIÓN

Navalcat Internacional es una empresa colombiana que se dedica al diseño, producción y comercialización de embarcaciones tipo catamarán. En sus inicios fue parte de Publifibra S.A, de donde varios socios decidieron incursionar en el mundo de las embarcaciones. Fue en 1996 cuando los socios decidieron producir botes tipo catamarán gracias a las ventajas que esta clase de cascos presentaba con respecto a los demás que a diferencia de los monocascos los catamaranes tienen un casco doble, esto le permite calar menos y lograr una mayor estabilidad.

En el año 2009 Navalcat Internacional S.A.S., como se conoce actualmente, se estableció como empresa independiente en Rionegro, al interior de la Zona Franca. Esta locación le brinda a la compañía beneficios de importación y exportación, así como un clima adecuado para el trabajo con fibra de vidrio.

La empresa tiene varias áreas de producción:

- DeckCat: son botes sencillos, multipropósito, enfocados en cumplir las necesidades y gustos básicos de cualquier cliente.
- DiveCat: Son embarcaciones enfocadas a los amantes del buceo, cuentan con habitaciones para el descanso de los buzos, múltiples soportes para tanques de oxígeno, mesas y sillas para el transporte desde puerto hasta la zona de buceo
- PaxCat: Son botes diseñados específicamente para transporte de pasajeros, estas embarcaciones pueden ser construidas desde la más sencilla hasta botes de pasajeros VIP con aire acondicionado, sillas de lujo, entre otros. Etc.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- YachtCat: Rama principal de la empresa, estos son yates de lujo diseñados para ofrecer todas las comodidades y lujos que los clientes puedan necesitar para las salidas a sus destinos favoritos.


Hasta ahora la selección de los sistemas de aguas y dirección de los botes se han hecho siguiendo recomendaciones de vendedores, diseñadores y estimaciones de los ingenieros, el aporte que ésta práctica dejará a la empresa será un procedimiento de dimensionamiento y selección de componentes para los sistemas de aguas basado en mecánica de fluidos; También se entrega como producto una guía metodológica para la selección de las configuraciones adecuadas de los componentes involucrados en el sistema de dirección hidráulica, se hace énfasis en los catálogos de la marca SEASTAR dada la estrecha relación comercial de Navalcat con dicho proveedor.

En este trabajo se estudiará específicamente un bote tipo YachtCat de 50 pies modelo Open Express, éste bote cuenta con cinco habitaciones distribuidas así:

- Dos habitaciones principales, Ubicadas en la parte delantera del bote (proa) bajo el Deck (cubierta), éstas cuentan con una unidad de aire acondicionado de 12000BTU, un baño con lavamanos de ducha retráctil, un sanitario; una *bilge pump* o bomba de achique y una bomba de drenaje (*sump pump*), cama doble, televisor, centro de entretenimiento, armario y zonas de almacenamiento de equipaje
- Dos habitaciones auxiliares: ubicadas en babor y estribor: cada una de éstas cuenta con una unidad de aire acondicionado de 7000BTU, un baño con lavamanos de ducha retráctil, un sanitario, una *bilge pump*, una bomba de drenaje (*sump pump*), televisor, dos camas sencillas, una cama doble y armario.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Zona Común (*Deck*): en esta zona se encuentra la consola de mando, la cocina, muebles y mesas, plataformas para tomar el sol, una ducha de agua dulce y una de agua salada.
- Habitación de tripulación: ubicada en la parte trasera del bote bajo la cubierta, cuenta con un baño con ducha retráctil, lavamanos, sanitario, dos camas sencillas, armario.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2 MARCO TEÓRICO

A la hora de iniciar la práctica, se presentaron grandes retos, por un lado, realizar el trabajo en una empresa productora de yates, con la característica de estar ubicada lejos del mar, así como buscar la manera de aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de todos los semestres de la formación profesional en un campo desconocido, los yates de lujo. Una vez acordadas con la empresa las funciones a desempeñar en el diseño y producción de la embarcación, se decidió centrar el interés en los sistemas de acueducto y dirección, dada la comodidad y familiaridad con la temática, además de percibió que en estas áreas se tenía mayor debilidad.

Para iniciar el desarrollo del proyecto se condujo una búsqueda de la normativa que regula la instalación, la selección y los materiales utilizados en yates, así también fue necesaria la documentación sobre las posibles variaciones en la manera en que se debe analizar los sistemas de aguas a bordo de una embarcación la cual se puede ver afectada por mayores factores de entorno que un sistema en tierra firme, como lo son el movimiento. Para esto se llevó a cabo una búsqueda entre la bibliografía existente en la empresa y en las bases de datos disponibles en el portal del ITM.

Entre los archivos de la empresa se destaca una publicación de la norma ABYC (American Boat and Yacht Council, 2008); ésta es una fundación creada en 1954 con el fin de establecer unos estándares de calidad y seguridad a la hora de producir embarcaciones y accesorios para embarcaciones; ayudando así a reducir los accidentes entre los usuarios de botes. En las secciones H-4 (American Boat and Yacht Council, 2008), H-22 (American Boat and Yacht Council. Hull Division Standard. Hull Performance Project Technical Committee, 2011), H-23 (American Boat and Yacht Council. Hull Division Standard. Hull Performance Project Technical Committee, 2008), H-27 (American Boat and


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Yacht Council. Hull Division Standard. Hull Performance Project Technical Committee, 2008) y P-17 (American Boat and Yacht Council. Hull Division Standard. Hull Performance Project Technical Committee, 2008) se encuentran criterios a considerar en el diseño de los sistemas de un yate con características similares a los tratados en ésta práctica profesional.

El capítulo H-4 (American Boat and Yacht Council, 2008) muestra los diferentes tipos de drenaje de la zona trasera abierta del bote (*cockpit de su nombre en inglés*), así como las áreas mínimas y las pruebas que deben ser realizadas para asegurar que el agua que pueda ingresar debido a olas o lluvia, no sobrepase el nivel del *mezzanine* y pueda ingresar a lugares bajo cubierta no diseñados para estar en contacto con el agua. Para esto se proponen una serie de pruebas de inundación en las cuales se taponan los drenajes del *cockpit* y se llenan de agua hasta alcanzar el nivel de *mezzanine*. Según el tamaño se estandariza un tiempo máximo para el drenado total.

La sección H22 (American Boat and Yacht Council. Hull Division Standard. Hull Performance Project Technical Committee, 2011), de la misma normativa, es una guía para el diseño, construcción, operación y control de las *bilge pump (del inglés)*, en este apartado de la norma se recomienda instalar la bomba en un lugar libre de esquinas pronunciadas con el fin de proteger a las personas que instalen la bomba o que bajen a hacer las revisiones, aconsejan también un sifón invertido en la manguera antes del *thruhull (del inglés)* de descargue de la bomba para evitar que una ola o una inclinación del bote haga ingresar agua. Hace también la advertencia de no usar válvulas de cheque debido a que esto puede reducir el flujo de salida de la bomba.

La sección H-23 (American Boat and Yacht Council. Hull Division Standard. Hull Performance Project Technical Committee, 2008) habla de la instalación de sistemas de agua potable para ser utilizados en botes, en este se definen las

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

presiones máximas, los requisitos mínimos que deben cumplir los materiales implicados en el sistema, así como las características que deben cumplir tanto la locación del tanque de agua como de los *thruhull* de venteo y de llenado.

La sección H-27 (American Boat and Yacht Council. Hull Division Standard. Hull Performance Project Technical Committee, 2008) es una guía sobre la selección de los materiales, la instalación y el diseño de los accesorios tipo *thruhull* y *seacock*, además habla de precauciones a tomar según si la zona de instalación es bajo o sobre la línea de flotación.

En la sección P-17 (American Boat and Yacht Council. Hull Division Standard. Hull Performance Project Technical Committee, 2008) se habla de la dirección mecánica para botes. Entre los factores definidos en la norma se hace alusión a los materiales necesarios y las propiedades físicas de estos. También se dan recomendaciones sobre los elementos de sujeción y ensamble (tuercas, tuercas de seguridad, tornillos, entre otros).


En (Eyres & Bruce, 2012) se puede consultar recomendaciones sobre la cantidad de bombas de achique (*bilge pump*) que debe tener una embarcación de pasajeros, además presenta aspectos a tener en cuenta a la hora de la instalación de mangueras y tuberías para transporte de agua, también proporciona algunos parámetros para proteger los tanques de posibles daños o contaminaciones.

En el capítulo 5 del libro de Mecánica de fluidos fundamentos y aplicaciones de Yunus Çengel y Jhon cimbalá- (Çengel & Cimbala, 2006), se describen la ecuación de Bernoulli, la ecuación de la conservación de la masa y la energía, ecuaciones que serán fundamentales para el correcto dimensionamiento de las bombas de cada sistema

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En el Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de agua potable y saneamiento básico República de Colombia, 2000) se dan algunas recomendaciones sobre velocidades y caudales máximos para usos domiciliarios, así como factores de demanda y consumo

La empresa cuenta con una colección de catálogos proporcionados por los diferentes proveedores estratégicos y de confianza entre los cuales destacamos el de (Brunger Export, 2016) uno de los mayores exportadores de mercancía de estados unidos, (Land 'n' Sea Distributing inc, 2015) es un proveedor al por mayor de implementos marinos y de deportes acuáticos con más de 60000 piezas y accesorios disponibles. (Marine Canada Acquisitions inc, 2015) quienes representan las marcas SeaStar Solutions y Shield Marine las cuales proporcionan mangueras de agua y los elementos requeridos para navegación de las embarcaciones entre ellos las partes y accesorios del sistema de dirección hidráulica según se ve adelante en la sección de metodología. Luego de tener definido el orden de magnitud de las bombas, accesorios y elementos necesarios para llevar a cabo la instalación de los sistemas de agua, así como del sistema de dirección, se procede con la selección en estos catálogos para elegir el distribuidor de cada pieza según la conveniencia de la empresa haciendo un comparativo entre las ofertas de los diferentes proveedores con el propósito de adquirir los productos de menor valor y con mayor desempeño.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3 METODOLOGÍA

Para el estudio de los diferentes sistemas presentes en los Catamaranes fabricados en Navalcat Internacional, específicamente en el YachtCat se inicia el dimensionamiento y cálculo de los componentes analizando en primer lugar el sistema de agua dulce, luego el sistema de agua salada y sus subsistemas (achique, confort y aseo) para finalmente seleccionar los componentes de la dirección hidráulica.

Para los sistemas de agua se hace una relación de los accesorios en las diversas zonas del yate. En esta sección se presenta el conjunto de ecuaciones de cálculo. En el capítulo de cálculos y resultados, con la ayuda de los diámetros y flujos recomendados por los fabricantes, la tubería necesaria para la toma común, las diferentes pérdidas por distancia y accesorios, obtener la potencia mínima de la bomba que abastecerá el sistema. Teniendo este dato se revisan los catálogos y se selecciona una bomba que cumpla con la función.

Paso a paso del cálculo:

1. Fijación de supuestos de trabajo (p.e. Caudal de consumo, temperatura del agua, entre otros).
2. Cálculo de la velocidad de flujo de la tubería (v).

$$v = \frac{Q}{A} \quad (1)$$

En donde:

v : velocidad de flujo, $\frac{m}{s}$

Q : Caudal, $\frac{m^3}{s}$

A : Área transversal, m^2

3. Cálculo de caudal requerido en toma común (Q_{total}).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$Q_{total} = \sum Q_i \quad (2)$$

En donde:

Q_i : Caudal de demanda para el i -ésimo ramal de tubería de acuerdo con su prestación ($\frac{m^3}{s}$).

Q_{Total} : Caudal requerido para la toma común ($\frac{m^3}{s}$).

4. Cálculo del diámetro de tubería de toma común D (m).

$$D = \sqrt{\frac{A_{total} \times 4}{\pi}} \quad (3)$$

En donde:

$$A_{total} = \frac{Q_{total}}{v} \quad (m^2)$$

5. Cálculo de la velocidad en la tubería seleccionada para la toma común, v_{total}

Utilizando la ecuación 1.

6. Cálculo de rugosidad relativa, adimensional

$$R_r = \frac{\varepsilon}{D} \quad (4)$$

En donde:

ε : rugosidad del material de la tubería (mm).

D : Diámetro interno de la tubería (mm).

7. Cálculo de número de Reynolds, adimensional

$$R_e = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (5)$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En donde:

ρ : Densidad del fluido ($\frac{Kg}{m^3}$).

v : Velocidad de flujo (en este caso velocidad total), $\frac{m}{s}$.

D : Diámetro de la tubería (m).

μ : Viscosidad del fluido ($\frac{Kg}{m \times s}$).

8. Cálculo de pérdidas de carga primarias h_{ap} (m)

$$h_{ap} = f \left(\frac{l}{D} \right) \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad (6)$$

En donde:

f : Factor de fricción de Darcy para la tubería, adimensional. Hallado del diagrama de Moody (figura 1) con el número de Reynolds y la rugosidad relativa.

l : Longitud de la tubería (m).

D : Diámetro de la tubería (m).

v : Velocidad de flujo (en este caso velocidad total), $\frac{m}{s}$.

g : aceleración de la gravedad, $9,8 \frac{m}{s^2}$.

Moody Diagram

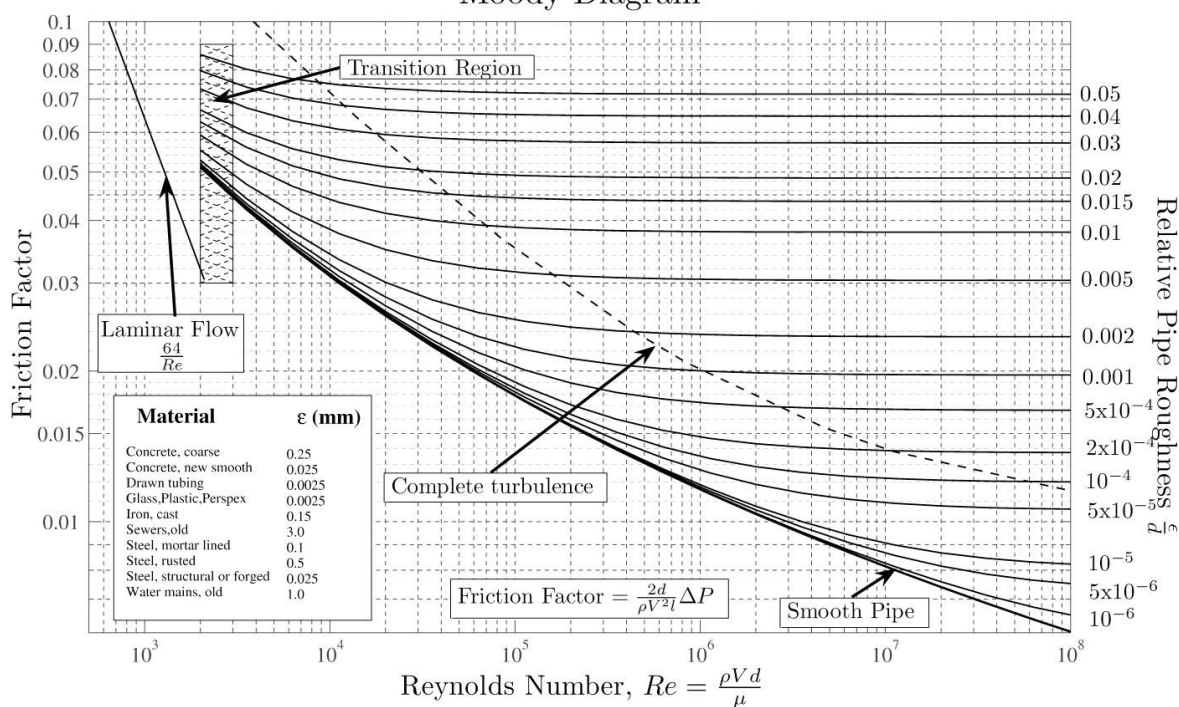



Figura 1. Diagrama de Moody (Çengel & Cimbala, 2006)

9. Calculo de pérdidas de carga secundarias por contracciones repentinas h_{as} (m)

$$h_{as} = K_L \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad (7)$$

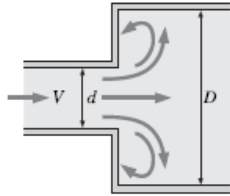
En donde:

K_L : Coeficiente de contracción repentina, adimensional, se obtiene hallando la relación de diámetros $\frac{d^2}{D^2}$ en la contracción y buscando en la Figura 2.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Expansión y contracción repentina (con base en la velocidad en la tubería de diámetro más pequeño)

Expansión repentina: $K_L = \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right)^2$



Contracción repentina: ver gráfica.

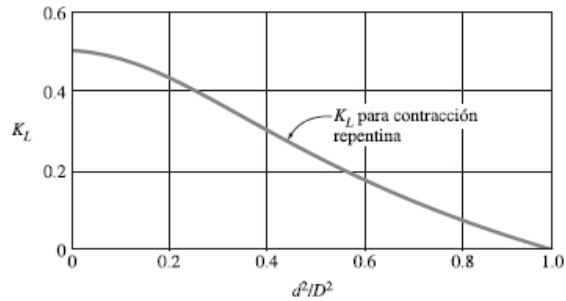
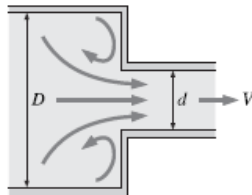


Figura 2. Expansión y contracción repentina K_L reproducción de la tabla 8-4 (Çengel & Cimbala, 2006).

10. Cálculo de pérdidas por accesorios h_{aa} (m):

$$h_{aa} = f \left(\frac{\sum_i l_{eq-i}}{D} \right) \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad (7)$$

En donde:

$$L_{equ} = \frac{D}{f} \times K_L$$

D : Diámetro de la tubería (m).

v : Velocidad de flujo (en este caso velocidad total), $\frac{m}{s}$.

g : aceleración de la gravedad, $9,8 \frac{m}{s^2}$.

f : Factor de fricción de Darcy para la tubería, adimensional. Hallado del diagrama de Moody con el número de Reynolds y la rugosidad relativa.

K_L : Coeficiente de pérdida del accesorio, adimensional, se obtiene de la Figura 3.


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

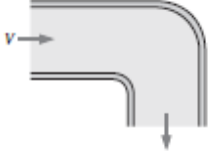
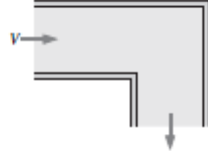
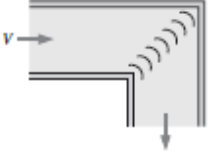
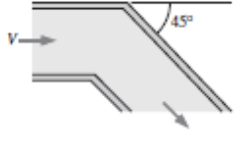
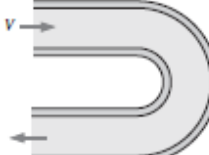
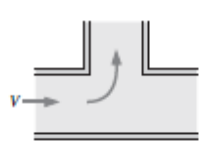
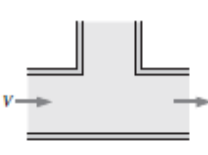
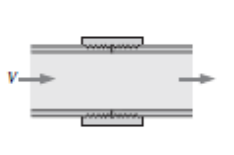
TABLA 8-4 (CONCLUSIÓN)			
Codos y ramificaciones Codo suave de 90°: Embridado: $K_L = 0.3$ Roscado: $K_L = 0.9$ 	Codo esquinado de 90° (sin álabes directores): $K_L = 1.1$ 	Codo esquinado de 90° (con álabes directores): $K_L = 0.2$ 	Codo roscado de 45°: $K_L = 0.4$ 
Codo de retorno de 180°: Embridado: $K_L = 0.2$ Roscado: $K_L = 1.5$ 	Conexión en T (flujo deriv.): Embridado: $K_L = 1.0$ Roscado: $K_L = 2.0$ 	Conexión en T (flujo en línea): Embridado: $K_L = 0.2$ Roscado: $K_L = 0.9$ 	Unión roscada: $K_L = 0.08$ 
Válvulas Válvula de globo, totalmente abierta: $K_L = 10$ Válvula de ángulo, totalmente abierta: $K_L = 5$ Válvula de bola, totalmente abierta: $K_L = 0.05$ Válvula de charnela: $K_L = 2$			
Válvula de compuerta, totalmente abierta: $K_L = 0.2$ } cerrada: $K_L = 0.3$ } cerrada: $K_L = 2.1$ } cerrada: $K_L = 17$			
<small>* Esos son valores representativos para coeficientes de pérdida. Los valores reales dependen principalmente del diseño y la fabricación de los accesorios y pueden diferir considerablemente de los valores dados (en especial para las válvulas). En el diseño final se deben usar los datos reales del fabricante.</small>			

Figura 3 Coeficientes de pérdida en accesorios, reproducido de la tabla 8-4 (Çengel & Cimbala, 2006).

11. Cálculo de las pérdidas totales h_t (m)

$$h_t = h_{as} + h_{aa} + h_{ap} \quad (8)$$

En donde:


h_{as} : pérdidas de carga secundarias por contracciones repentinas, m.

h_{aa} : pérdidas por accesorios, m.

h_{ap} : pérdidas de carga primarias, m.

12. Cálculo de las pérdidas de carga del sistema h_a se despejando de la ecuación de Bernoulli.

$$Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + h_a = Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + h_t,$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Ya que tanto el tanque como la salida de los distintos puntos es la atmosférica, $\Delta P = 0$ y despejando h_a de la ecuación de Bernoulli se tiene,

$$h_a = \Delta Z + \frac{\Delta V^2}{2g} + h_t \quad (9)$$

En donde:

ΔZ : diferencia de alturas del sistema, 2,4 m.

v_1, v_2 : velocidad del fluido en los puntos inicial y final $\frac{m}{s}$.

$$\Delta P = \rho \times g \times \Delta Z$$

ρ : Densidad del fluido $\frac{Kg}{m^3}$

g : aceleración de la gravedad, $9,8 \frac{m}{s^2}$

13. Potencia de la bomba P_{neta} (W)

$$P_{neta} = \eta \times P_{bruta} \quad (10)$$

En donde:

$$P_{bruta} = h_a \times \gamma \times Q_{total} \text{ en (W).}$$

h_a : pérdidas de carga del sistema (m).


γ : peso específico $\gamma = \rho \times g$ en $(\frac{Kg}{m^2 \times s^2})$.

ρ : Densidad del fluido $\frac{Kg}{m^3}$.

g : aceleración de la gravedad, $9,8 \frac{m}{s^2}$.

Q_{Total} : Caudal requerido para la toma común $(\frac{m^3}{s})$.

14. Con base en los catálogos de los proveedores de la empresa se selecciona una bomba que cumpla a cabalidad los requerimientos anteriormente calculados.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

15. Con base a las recomendaciones acerca de las *bigle pump* encontradas en (Eyres & Bruce, 2012) además de las exigencias de la norma ABYC H-22 (American Boat and Yacht Council. Hull Division Standard. Hull Performance Project Technical Committee, 2011) se determina el número de bombas de achique (*del inglés bilge pump*) así como su caudal de trabajo.

16. Como último paso se darán las indicaciones para elegir correctamente los elementos necesarios para controlar el yate mediante dirección hidráulica, para ello se utilizará la guía de selección de SeaStar solutions.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4 CÁLCULOS Y RESULTADOS

4.1 SISTEMA DE AGUA DULCE


Se inicia el dimensionamiento del sistema con una tabla de componentes y un diagrama de conexión del sistema en los cuales se da una idea de las partes presentes y la forma en que están dispuestos los accesorios.

4.1.1 Relación de tuberías y accesorios.

La Tabla 1 muestra el listado de tubería y accesorios para el total de la instalación de agua dulce.

Tabla 1. Listado de elementos agua dulce.

Accesorio / tramo	Servicio	Diámetro comercial inch	Diámetro interno en mm	Área transversal mm ²	Cantidad (unidades)
Tubería	Lavamanos/ducha	3/8"	9,53	71,33	6 (m)
Tubería	Lavaplatos	1/2"	18,18	259,58	1 (m)
Codos rectos		3/8"	30	71,33	30(Unid)
Conexiones en T		3/8"	30	71,33	6 (Unid)
Válvulas		3/8"	30	71,33	7 (Unid)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

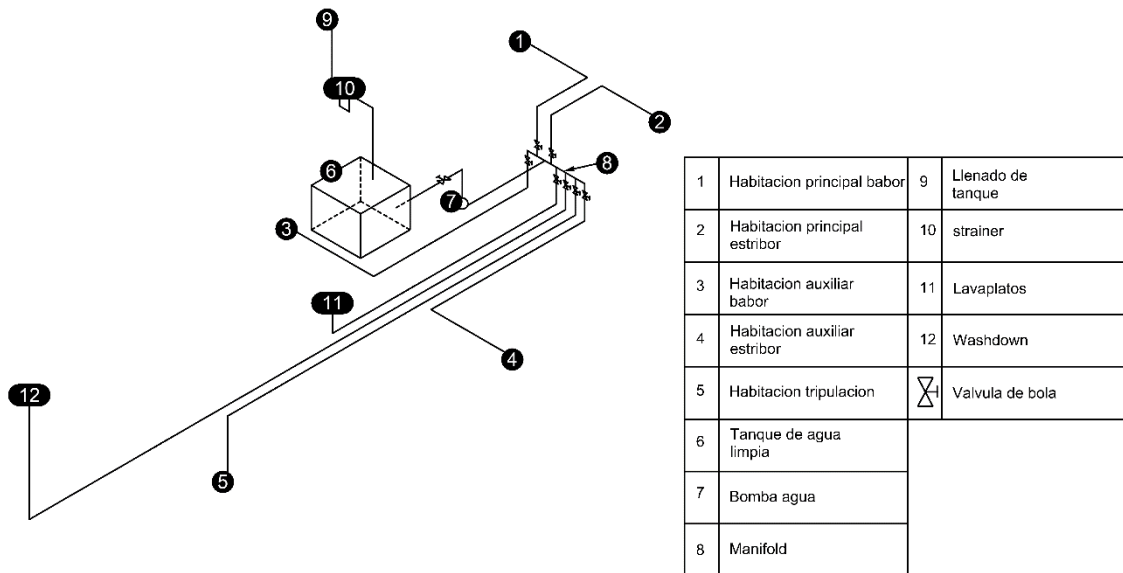


Figura 4. Esquema de sistema de agua dulce.

La Figura 4 muestra el esquema de la instalación de la tubería y accesorios para los servicios que requieren agua dulce, en ésta se da una idea de la distribución final de los diferentes elementos.

4.1.2 Fijación de supuestos:

El agua utilizada se trabaja a condiciones normales 25°C.

El caudal de demanda se toma como $Q = 0,2 \frac{l}{s}$ para los lavamanos y lavaplatos según la norma española 119 de 2007 recomendada por (Empresas Publicas de Medellín, 2011).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 2. Propiedades del agua saturada, tomado de la Tabla A-3 (Çengel & Cimbala, 2006)

TABLA A-3													
Propiedades del agua saturada													
Temp. T, °C	Presión de saturación P _{sat} , kPa	Densidad ρ, kg/m ³		Entalpia de vaporización h _{fg} , kJ/kg	Calor específico c _p , J/kg · K		Conductividad térmica k, W/m · K		Viscosidad dinámica μ, kg/m · s		Número de Prandtl Pr		Coeficiente de expansión volumétrica β, 1/K Líquido
		Líquido	Vapor		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2501	4217	1854	0.561	0.0171	1.792 × 10 ⁻³	0.922 × 10 ⁻⁸	13.5	1.00	-0.068 × 10 ⁻³
5	0.8721	999.9	0.0068	2490	4205	1857	0.571	0.0173	1.519 × 10 ⁻³	0.934 × 10 ⁻⁸	11.2	1.00	0.015 × 10 ⁻³
10	1.2276	999.7	0.0094	2478	4194	1862	0.580	0.0176	1.307 × 10 ⁻³	0.946 × 10 ⁻⁸	9.45	1.00	0.733 × 10 ⁻³
15	1.7051	999.1	0.0128	2466	4186	1863	0.589	0.0179	1.138 × 10 ⁻³	0.959 × 10 ⁻⁸	8.09	1.00	0.138 × 10 ⁻³
20	2.339	998.0	0.0173	2454	4182	1867	0.598	0.0182	1.002 × 10 ⁻³	0.973 × 10 ⁻⁸	7.01	1.00	0.195 × 10 ⁻³
25	3.169	997.0	0.0231	2442	4180	1870	0.607	0.0186	0.891 × 10 ⁻³	0.987 × 10 ⁻⁸	6.14	1.00	0.247 × 10 ⁻³
30	4.246	996.0	0.0304	2431	4178	1875	0.615	0.0189	0.798 × 10 ⁻³	1.001 × 10 ⁻⁸	5.42	1.00	0.294 × 10 ⁻³
35	5.628	994.0	0.0397	2419	4178	1880	0.623	0.0192	0.720 × 10 ⁻³	1.016 × 10 ⁻⁸	4.83	1.00	0.337 × 10 ⁻³
40	7.384	992.1	0.0512	2407	4179	1885	0.631	0.0196	0.653 × 10 ⁻³	1.031 × 10 ⁻⁸	4.32	1.00	0.377 × 10 ⁻³
45	9.593	990.1	0.0655	2395	4180	1892	0.637	0.0200	0.596 × 10 ⁻³	1.046 × 10 ⁻⁸	3.91	1.00	0.415 × 10 ⁻³
50	12.35	988.1	0.0831	2383	4181	1900	0.644	0.0204	0.547 × 10 ⁻³	1.062 × 10 ⁻⁸	3.55	1.00	0.451 × 10 ⁻³
55	15.76	985.2	0.1045	2371	4183	1908	0.649	0.0208	0.504 × 10 ⁻³	1.077 × 10 ⁻⁸	3.25	1.00	0.484 × 10 ⁻³
60	19.94	983.3	0.1304	2359	4185	1916	0.654	0.0212	0.467 × 10 ⁻³	1.093 × 10 ⁻⁸	2.99	1.00	0.517 × 10 ⁻³
65	25.03	980.4	0.1614	2346	4187	1926	0.659	0.0216	0.433 × 10 ⁻³	1.110 × 10 ⁻⁸	2.75	1.00	0.548 × 10 ⁻³
70	31.19	977.5	0.1983	2334	4190	1936	0.663	0.0221	0.404 × 10 ⁻³	1.126 × 10 ⁻⁸	2.55	1.00	0.578 × 10 ⁻³
75	38.58	974.7	0.2421	2321	4193	1948	0.667	0.0225	0.378 × 10 ⁻³	1.142 × 10 ⁻⁸	2.38	1.00	0.607 × 10 ⁻³
80	47.39	971.8	0.2935	2309	4197	1962	0.670	0.0230	0.355 × 10 ⁻³	1.159 × 10 ⁻⁸	2.22	1.00	0.653 × 10 ⁻³
85	57.83	968.1	0.3536	2296	4201	1977	0.673	0.0235	0.333 × 10 ⁻³	1.176 × 10 ⁻⁸	2.08	1.00	0.670 × 10 ⁻³
90	70.14	965.3	0.4235	2283	4206	1993	0.675	0.0240	0.315 × 10 ⁻³	1.193 × 10 ⁻⁸	1.96	1.00	0.702 × 10 ⁻³
95	84.55	961.5	0.5045	2270	4212	2010	0.677	0.0246	0.297 × 10 ⁻³	1.210 × 10 ⁻⁸	1.85	1.00	0.716 × 10 ⁻³
100	101.33	957.9	0.5978	2257	4217	2029	0.679	0.0251	0.282 × 10 ⁻³	1.227 × 10 ⁻⁸	1.75	1.00	0.750 × 10 ⁻³
110	143.27	950.6	0.8263	2230	4229	2071	0.682	0.0262	0.255 × 10 ⁻³	1.261 × 10 ⁻⁸	1.58	1.00	0.798 × 10 ⁻³
120	198.53	943.4	1.121	2203	4244	2120	0.683	0.0275	0.232 × 10 ⁻³	1.296 × 10 ⁻⁸	1.44	1.00	0.858 × 10 ⁻³
130	270.1	934.6	1.496	2174	4263	2177	0.684	0.0288	0.213 × 10 ⁻³	1.330 × 10 ⁻⁸	1.33	1.01	0.913 × 10 ⁻³
140	361.3	921.7	1.965	2145	4286	2244	0.683	0.0301	0.197 × 10 ⁻³	1.365 × 10 ⁻⁸	1.24	1.02	0.970 × 10 ⁻³
150	475.8	916.6	2.546	2114	4311	2314	0.682	0.0316	0.183 × 10 ⁻³	1.399 × 10 ⁻⁸	1.16	1.02	1.025 × 10 ⁻³
160	617.8	907.4	3.256	2083	4340	2420	0.680	0.0331	0.170 × 10 ⁻³	1.434 × 10 ⁻⁸	1.09	1.05	1.145 × 10 ⁻³
170	791.7	897.7	4.119	2050	4370	2490	0.677	0.0347	0.160 × 10 ⁻³	1.468 × 10 ⁻⁸	1.03	1.05	1.178 × 10 ⁻³
180	1,002.1	887.3	5.153	2015	4410	2590	0.673	0.0364	0.150 × 10 ⁻³	1.502 × 10 ⁻⁸	0.983	1.07	1.210 × 10 ⁻³
190	1,254.4	876.4	6.388	1979	4460	2710	0.669	0.0382	0.142 × 10 ⁻³	1.537 × 10 ⁻⁸	0.947	1.09	1.280 × 10 ⁻³
200	1,553.8	864.3	7.852	1941	4500	2840	0.663	0.0401	0.134 × 10 ⁻³	1.571 × 10 ⁻⁸	0.910	1.11	1.350 × 10 ⁻³
220	2,318	840.3	11.60	1859	4610	3110	0.650	0.0442	0.122 × 10 ⁻³	1.641 × 10 ⁻⁸	0.865	1.15	1.520 × 10 ⁻³
240	3,344	813.7	16.73	1767	4760	3520	0.632	0.0487	0.111 × 10 ⁻³	1.712 × 10 ⁻⁸	0.836	1.24	1.720 × 10 ⁻³
260	4,688	783.7	23.69	1663	4970	4070	0.609	0.0540	0.102 × 10 ⁻³	1.788 × 10 ⁻⁸	0.832	1.35	2.000 × 10 ⁻³
280	6,412	750.8	33.15	1544	5280	4835	0.581	0.0605	0.094 × 10 ⁻³	1.870 × 10 ⁻⁸	0.854	1.49	2.380 × 10 ⁻³
300	8,581	713.8	46.15	1405	5750	5980	0.548	0.0695	0.086 × 10 ⁻³	1.965 × 10 ⁻⁸	0.902	1.69	2.950 × 10 ⁻³
320	11,274	667.1	64.57	1239	6540	7900	0.509	0.0836	0.078 × 10 ⁻³	2.084 × 10 ⁻⁸	1.00	1.97	—
340	14,586	610.5	92.62	1028	8240	11,870	0.469	0.110	0.070 × 10 ⁻³	2.255 × 10 ⁻⁸	1.23	2.43	—
360	18,651	528.3	144.0	720	14,690	25,800	0.427	0.178	0.060 × 10 ⁻³	2.571 × 10 ⁻⁸	2.06	3.73	—
374.14	22,090	317.0	317.0	0	—	—	—	—	0.043 × 10 ⁻³	4.313 × 10 ⁻⁸	—	—	—

De la Tabla 2 con la temperatura de 25°C se halla:

$$\text{Densidad: } \rho = 997,0 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Viscosidad: } \mu = 0,891 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{m} \times \text{s}}$$

Se tiene como altura máxima a la que se elevará el fluido: 3m, la entrada de la bomba se encuentra a 0.6m por debajo del tanque de agua.

4.1.3 Cálculo de la velocidad de flujo de tubería

Con la ecuación (1) se halla la velocidad de flujo requerida para el sistema, tomando como base la instalación del lavaplatos ya que ésta es la de mayor diámetro, por lo tanto, si se entrega el caudal requerido en

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ésta tubería en las demás se entregará con mayor velocidad de flujo; reemplazando los datos se tiene:

$$Q = 0,2 \frac{l}{s} \rightarrow 2 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

De la Tabla 1 se tiene que de una tubería de ½" el área transversal es:

$$A = 2,598 \times 10^{-4} m^2$$

Reemplazando en la ecuación se tiene:

$$v = \frac{2 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{2,598 \times 10^{-4} m^2} = 0,77 \frac{m}{s}$$

4.1.4 Cálculo caudal de toma común (*Manifold*):

Utilizando la ecuación (2) y reemplazando el valor de caudal de demanda

$$Q_{total} = 7 \times 2 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s} = 0,0014 \frac{m^3}{s}$$

4.1.5 Cálculo de diámetro tubería toma común

Se utiliza la ecuación (1) y se despeja para encontrar el área de la tubería de toma común

$$Q_{total} = V \times A_{mayor} \Rightarrow \frac{Q_{total}}{V} = A_{mayor} \Rightarrow \frac{0,0014 \frac{m^3}{s}}{0,77 \frac{m}{s}} = 0,00182 m^2$$

Con el valor de área se despeja el valor del diámetro

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \rightarrow D = \sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}} \rightarrow$$

$$D = \sqrt{\frac{(0,00182 \times 4) m^2}{\pi}} \rightarrow 0,048 m \rightarrow 48 mm$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Con este valor se busca en el catálogo de (Land 'n' Sea Distributing inc, 2015) la tubería de diámetro comercial que más se acerca a la calculada:

$$1\frac{1}{2}'' \cong 0.04368 \text{ m}$$

El área de área transversal para ésta es ($0,0015m^2$).

4.1.6 Nuevo cálculo de la velocidad con el nuevo diámetro de tubería

$$V = 0,93 \frac{m}{s}$$

4.1.7 Cálculo de rugosidad relativa:

Con base en la Tabla 3 se selecciona la rugosidad del material, en este caso PVC.

Tabla 3. Valores típicos de coeficientes de rugosidad, reproducido de (staff, Meadows, Walski, Barnard, & Durrans, 2002)

Material	Coefficiente de Manning n	Coef. Hazen Williams C _h	Coef. Rugosidad Absoluta e(mm)
Asbesto cemento	0.011	140	0.0015
Latón	0.011	135	0.0015
Tabique	0.015	100	0.6
Fierro Fundido (nuevo)	0.012	130	0.26
Concreto (cimbra metálica)	0.011	140	0.18
Concreto (cimbra madera)	0.015	120	0.6
Concreto simple	0.013	135	0.36
Cobre	0.011	135	0.0015
Acero corrugado	0.022	--	45
Acero galvanizado	0.016	120	0.15
Acero (esmaltado)	0.01	148	0.0048
Acero (nuevo, sin recubrim.)	0.011	145	0.045
Acero (remachado)	0.019	110	0.9
Plomo	0.011	135	0.0015
Plástico (PVC)	0.009	150	0.0015
Madera (duelas)	0.012	120	0.18
Vidrio (laboratorio)	0.011	140	0.0015

(Fuente: Computer Applications in Hydraulic Engineering, 5th edition, Haestad Methods)

Valores Típicos de Coeficientes de Rugosidad

Se obtiene un valor de

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$\varepsilon = 0,0015 \text{ mm}$$

usando éste valor y el diámetro encontrado anteriormente se halla el valor de la ecuación (4)

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,0015 \text{ mm}}{43,68 \text{ mm}} = 3,434 \times 10^{-5}$$

4.1.8 Cálculo del número de Reynolds

Utilizando la ecuación (5) y reemplazando los valores encontrados anteriormente

Se tiene:

$$R_e = \frac{997 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 0,93 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,0436 \text{ m}}{0,891 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{m} \times \text{s}}} = 4,55 \times 10^{-4}$$

4.1.9 Cálculo de pérdidas primarias h_{ap}

Utilizando el número de Reynolds y el coeficiente de rugosidad relativa, del diagrama de Moody (Figura 1) se obtiene un factor de fricción de Darcy de $F = 0,0214$ y así de la ecuación (6) se tiene:

$$h_{ap} = 0,0214 \left(\frac{30 \text{ m}}{0,0436 \text{ m}} \right) \times \left(\frac{\left(0,93 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \right) = 0,650 \text{ m}$$

4.1.10 Cálculo de pérdidas de carga secundarias por contracciones repentinas h_{as} (m)

De la Figura 4 y la Tabla 1 se toma el número de contracciones:

7 de 1 1/2" (43,68mm) a 1/2" (18,18)

5 de 1/2" a 3/8" (9,53mm)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Con esto se calcula la relación de diámetros y se ubica en la tabla de la Figura 2 un valor de K_L correspondiente a dicha relación, así:

$$\frac{18,18\text{mm}^2}{43,68\text{mm}^2} = 0,17 \rightarrow K_L \approx 0,5$$

$$\frac{9,53\text{mm}^2}{18,18\text{mm}^2} = 0,27 \rightarrow K_L \approx 0,3$$

Teniendo esto se reemplaza en la ecuación (7) para cada valor

$$h_a = 0,5 \left(\frac{\left(0,93 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \times \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)} \right) = 0,022\text{m}$$

$$h_a = 0,3 \left(\frac{\left(0,93 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \times \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)} \right) = 0,0013\text{m}$$

Por lo tanto,

$$h_{as}(7 \times 0,022) + (5 \times 0,0013) = 0,16\text{m}$$

4.1.11 Cálculo de pérdidas por accesorios h_{aa} (m):

Con base en la Figura 3 y la Tabla 1 se hallan los valores del coeficiente de longitud equivalente para los accesorios:

Para válvulas de bola $K_l = 0,05$

Para conexiones en T $K_l = 1$

Para codos $K_l = 0,3$

Así, las longitudes equivalentes obtenidas mediante $L_{equ} = \frac{D}{f} \times K_l$, con $f=0,0214$ según se halló en el punto 8, las longitudes equivalentes son:

$$\text{Válvulas: } L_{equ} = \frac{0,436\text{m}}{0,0214} \times 0,05 = 1,018\text{m}$$

$$\text{Conexiones en T: } L_{equ} = \frac{0,436\text{m}}{0,0214} \times 1 = 20,374\text{m}$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Codos: $L_{equ} = \frac{0,436m}{0,0214} \times 0,3 = 6,112m$

Así la sumatoria en la ecuación 7 es:

$$\sum_{L_{equ}} (7 \times 1,018) + (6 \times 20,374) + (30 \times 6,112) = 312,734m$$

Y reemplazando se tiene:

$$h_{aa} = 0,0214 \times \left(\frac{312,734m}{0,4368m} \right) \times \left(\frac{\left(0,93 \frac{m}{s} \right)^2}{2 \times 9,81 \frac{m}{s^2}} \right) = 0,675m$$

4.1.12 Cálculo de las pérdidas totales h_t (m)

Reemplazando en (8)

$$h_t = 0,16m + 0,675m + 0,650m = 1,485m$$

4.1.13 Cálculo de las pérdidas de carga del sistema h_a , ecuación (9)

$$h_a = 2,4m + \frac{\left(0,93^2 \frac{m^2}{s^2} - 0,77^2 \frac{m^2}{s^2} \right)}{2 \times 9,81 \frac{m}{s^2}} + 1,485m = 3,899m$$


4.1.14 Cálculo de potencia de la bomba P_{neta} (W)

Con $\gamma = 997,0 \frac{Kg}{m^3} \times 9,8 \frac{m}{s^2} = 9770,6 \frac{Kg}{m^2 \times s^2}$

Entonces $P_{bruta} = 3,99m \times 9770,6 \frac{Kg}{m^2 \times s^2} \times 0,0014 \frac{m^3}{s} = 54,578W$

Reemplazando en (10) con $\eta = 85\%$

$$P_{neta} = \frac{54,578}{0,85} = 64,21W$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Luego $P_{ot} = V \times I \rightarrow I = \frac{P_{ot}}{V}$

Se tiene una tensión de trabajo para la bomba de 12V; reemplazando se tiene

$$I = \frac{64,21W}{12V} = 5,35A$$

Se busca en la sección de plomería y aguas de (Land 'n' Sea Distributing inc, 2015) en busca de una bomba que cumpla con estas características.

Se selecciona la AQUA KING™ II Premium Fresh Water Pump cuya tensión de funcionamiento son 12V, y su consumo de corriente es 6.5A y entrega un caudal de 3GPM ($0,18 \frac{l}{s}$) por tanto ésta bomba cumple con los requerimientos del sistema.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.2 SISTEMA DE AGUA SALADA

4.2.1 Aires acondicionados

Se inicia el dimensionamiento del sistema con una tabla de componentes y un diagrama de conexión del sistema en los cuales se da una idea de las partes presentes y la forma en que están dispuestos los accesorios.

4.2.1.1 Relación de tuberías y accesorios.

La Tabla 4 muestra el listado de unidades de aire acondicionado, así como su diámetro de alimentación de agua salada de condensación, el área transversal de dicha tubería y el flujo de agua salada que demanda cada unidad.

Tabla 4. Listado de unidades de aire acondicionado. reproducido de (Webasto Thermo & Comfort Ibérica, S.L.U, 2016)

Descripción	cantidad	Diámetro de alimentación	Área transversal	flujo de agua salada mínimo
Unidad <i>Self-contained</i> 8000BTU Webasto Blue Cool S-8*	4	5/8" (21,38mm)	$4 \times 10^{-4} m^2$	$8 \frac{l}{min}$ $\left(1 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}\right)$
Unidad <i>Self-contained</i> 16000BTU Webasto Blue cool S-16*	1	5/8" (21,38mm)	$4 \times 10^{-4} m^2$	$14 \frac{l}{min}$ $\left(2 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}\right)$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

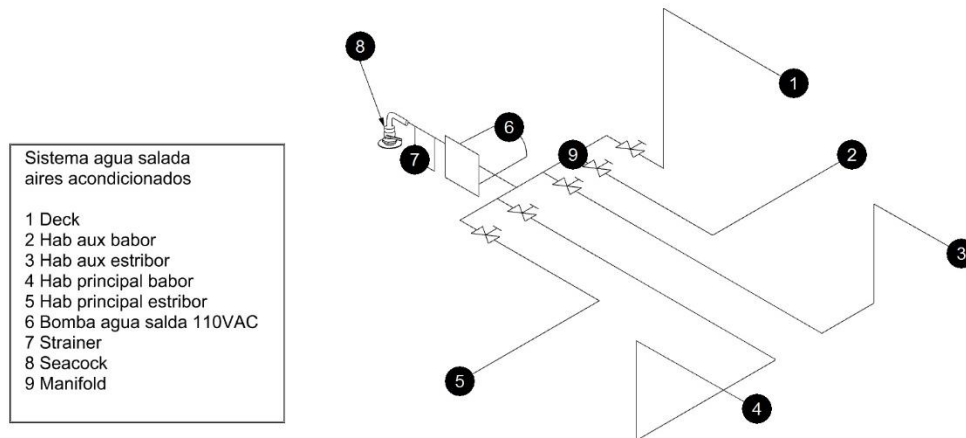


Figura 5. Esquema de sistema de agua salada para aires acondicionados.

4.2.1.2 CÁLCULOS

4.2.1.3 Fijación de supuestos:

El agua utilizada se trabaja a condiciones normales 25°C.

El caudal de demanda se toma como $14 \frac{l}{min} \left(2,33 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s} \right)$

Densidad: $\rho = 1020 \frac{Kg}{m^3}$

Viscosidad: $\mu = 1 \times 10^{-3} \frac{Kg}{m \times s}$

Extraído de (Marú, Jiménez, 2004).

Se tiene como altura máxima a la que se elevará el fluido: 3m, la entrada de la bomba se encuentra a 0,06m por encima del seacock.

4.2.1.4 Calculo de la velocidad de flujo de tubería

Con la ecuación (1) se halla la velocidad de flujo requerida para el sistema, tomando como base la instalación del aire acondicionado de 16000BTU la cual demanda mayor caudal, por lo tanto, si se entrega el caudal requerido en ésta tubería en las demás se entregará más del caudal mínimo requerido:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$Q = 2,33 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

De la Tabla 4 se tiene que el área transversal es: $A = 4 \times 10^{-4} m^2$

Reemplazando en la ecuación se tiene:

$$v = \frac{2,33 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{4 \times 10^{-4} m^2} = 0,583 \frac{m}{s}$$

4.2.1.5 Cálculo caudal de toma común (*Manifold*):

Utilizando la ecuación (2) y reemplazando el valor de caudal de demanda

$$Q_{total} = 2,33 \times 10^{-4} + (4 \times 1,33 \times 10^{-4}) \frac{m^3}{s} = 0,00076 \frac{m^3}{s}$$

4.2.1.6 Cálculo de diámetro tubería toma común

Se utiliza la ecuación (1) y se despeja para encontrar el área de la tubería de toma común

$$A_{mayor} \Rightarrow \frac{0,0006 \frac{m^3}{s}}{5 \frac{m}{s}} = 0,0013 m^2$$

Con el valor de área se despeja el valor del diámetro:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \rightarrow D = \sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}} \rightarrow$$

$$D = \sqrt{\frac{(0,0006 \times 4) m^2}{\pi}} \rightarrow 0,0407 m \rightarrow 40,7 mm$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Con este valor se busca en el catálogo de (Land 'n' Sea Distributing inc, 2015) la tubería de diámetro comercial que más se acerca a la calculada: $1\ 1/4'' = 0,0381\ m$ (38,14mm). El área de área transversal para ésta es $(0,0011m^2)$.

4.2.1.7 Luego se recalcula la velocidad con el nuevo diámetro de tubería utilizando la ecuación (1)

$$V = 0,666 \frac{m}{s}$$

4.2.1.8 Cálculo de rugosidad relativa:

Con base en la Tabla 3 se selecciona la rugosidad del material, en este caso PVC, se obtiene un valor de

$$\varepsilon = 0,0015\ mm$$

Usando éste valor y el diámetro encontrado anteriormente se halla el valor de la ecuación (4):

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,0015mm}{38,14mm} = 3,932 \times 10^{-5}$$

4.2.1.9 Cálculo del número de Reynolds

Utilizando la ecuación (5) y reemplazando los valores encontrados anteriormente. Se tiene:

$$R_e = \frac{1020 \frac{Kg}{m^3} \times 0,666 \frac{m}{s} \times 0,0381m}{1 \times 10^{-3} \frac{Kg}{m \times s}} = 2,59 \times 10^4$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.2.1.10 Cálculo de pérdidas primarias h_{ap}

Utilizando el número de Reynolds y el coeficiente de rugosidad relativa, del diagrama de Moody (Figura 1) se obtiene un factor de fricción de Darcy de $F = 0,024$ y así de la ecuación (6) se tiene:

$$h_{ap} = 0,024 \times \left(\frac{30m}{0,0381m} \right) \times \left(\frac{\left(0,666 \frac{m}{s} \right)^2}{2 \times 9,8 \frac{m}{s^2}} \right) = 0,435m$$

4.2.1.11 Cálculo de pérdidas de carga secundarias por contracciones repentinas h_{as} (m)

De la Figura 5 y la Tabla 4 se obtiene el número de contracciones:

5 de 1 1/4" a 5/8"

Con esto se calcula la relación de diámetros y se ubica en la tabla de la Figura 2 un valor de K_L correspondiente a dicha relación, así:

$$\frac{(21,38^2)mm^2}{(34,14^2)mm^2} = 0,31 \rightarrow K_L \approx 0,31$$

Teniendo esto se reemplaza en la ecuación (7) para cada valor

$$h_a = 0,05 \left(\frac{\left(0,666 \frac{m}{s} \right)^2}{2 \times \left(9,8 \frac{m}{s^2} \right)} \right) = 0,00702m$$


Por lo tanto,

$$h_{as} = (5 \times 0,00702) = 0,0351m$$

4.2.1.12 Cálculo de pérdidas por accesorios h_{aa} (m):

Con base en la Figura 3 y la Tabla 4 se hallan los valores del coeficiente de longitud equivalente para los accesorios:

Válvulas de bola $K_l = 0,05$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Conexiones en T $K_l = 1$

Codos $K_l = 0,3$

Así, las longitudes equivalentes obtenidas mediante

$L_{equ} = \frac{D}{f} \times K_l$, con $f=0,015$ según se halló en el punto 8, las longitudes equivalentes son:

$$\text{Válvulas: } L_{equ} = \frac{0,0381m}{0,0244} \times 0,05 = 0,198m$$

$$\text{Conexiones en T: } L_{equ} = \frac{0,0381m}{0,0244} \times 1 = 1,56m$$

$$\text{Codos: } L_{equ} = \frac{0,0381m}{0,0244} \times 0,3 = 0,468m$$

Así la sumatoria en la ecuación 7 es:

$$\sum_{L_{equ}} (6 \times 0,198) + (4 \times 1,57) + (20 \times 0,468) = 16,804m$$

Y reemplazando se tiene:

$$h_{aa} = 0,0244 \times \left(\frac{16,804m}{0,0381m} \right) \times \left(\frac{\left(0,666 \frac{m}{s} \right)^2}{2 \times 9,81 \frac{m}{s^2}} \right) = 0,243m$$

4.2.1.13 Cálculo de las pérdidas totales h_t (m)

Reemplazando en (8)

$$h_t = 0,435m + 0,035m + 0,243m = 0,713m$$

4.2.1.14 Cálculo de las pérdidas de carga del sistema h_a , ecuación (9)

$$h_a = 2,9m + \frac{\left(0,666^2 \frac{m^2}{s^2} \right)}{2 \times 9,81 \frac{m}{s^2}} + 0,713m = 3,676m$$

4.2.1.15 Cálculo de potencia de la bomba P_{neta} (W)

$$\text{Con } \gamma = 1020 \frac{Kg}{m^3} \times 9,8 \frac{m}{s^2} = 10006,2 \frac{Kg}{m^2 \times s^2}$$

Entonces:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$P_{bruta} = 3,676m \times 10006,2 \frac{Kg}{m^2 \times s^2} \times 0,00076 \frac{m^3}{s} = 27,959W$$

Reemplazando en (10) con $\eta = 85\%$

$$P_{neta} = \frac{27,959W}{0,85} = 32,893W$$

Luego $P_{ot} = V \times I \rightarrow I = \frac{P_{ot}}{V}$

Se tiene una tensión de trabajo para la bomba de agua salada de 12V; reemplazando se tiene

$$I = \frac{32,893W}{12V} = 2,7A$$

Se busca en la sección de plomería y aguas de (Brunger Export, 2016) en busca de una bomba que cumpla con estas características. Y se selecciona la SHURFLO HIGHHIGH FLOW SYSTEM 12 VDC 10.0 GPMH FLOW SYSTEM, la cual tiene un consumo de corriente de 3,5A ésta bomba cumple con los requisitos.

4.2.2 Sanitarios y wash down.

Se inicia el dimensionamiento del sistema con una tabla de componentes y un diagrama de conexión del sistema en los cuales se da una idea de las partes presentes y la forma en que están dispuestos los accesorios.

4.2.2.1 Relación de tuberías y accesorios.

La Tabla 5 muestra el listado de unidades de uso sanitario, así como su diámetro de alimentación de agua salada, el área transversal de dicha tubería y el flujo de agua salada que demanda cada unidad.



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 5. Componentes agua salada sanitaria.

Salada	Diámetro comercial	Diámetro interno en mm	Área transversal mm ²	cantidad	Caudal requerido
Wash down	3/8"	9,53	71,33	1	0,2 l/s
Sanitario atlantes freedom	3/4"	21,81	373,59	5	0,2 l/s

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

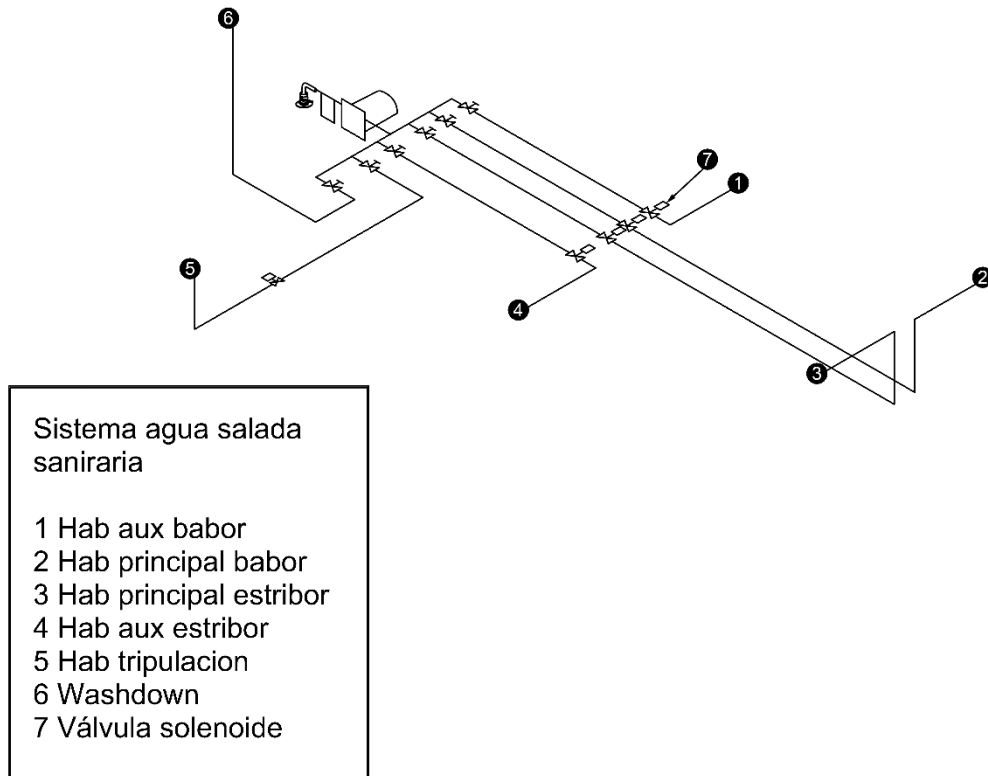


Figura 6. Esquema agua salada sanitaria

4.2.2.2 Fijación de supuestos:

El agua utilizada se trabaja a condiciones normales 25°C. El caudal de demanda se toma como $0,2 \frac{l}{s} \left(2 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s} \right)$, la densidad: $\rho = 1020 \frac{Kg}{m^3}$ y la viscosidad: $\mu = 1 \times 10^{-3} \frac{Kg}{m \times s}$ (Marú, Jiménez, 2004). Se tiene como altura máxima a la que se elevará el fluido: 1,5m, la entrada de la bomba se encuentra a 0,06m por encima del *seacock*.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.2.2.3 **Calculo de la velocidad de flujo de tubería**

Con la ecuación (1) se halla la velocidad de flujo requerida para el sistema, tomando la tubería de diámetro mayor.

$$Q = 2 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

De la Tabla 5 se tiene que el área transversal es: $A = 3,74 \times 10^{-4} m^2$

Reemplazando en la ecuación se tiene:

$$v = \frac{2 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{3,74 \times 10^{-4} m^2} = 0,535 \frac{m}{s}$$

4.2.2.4 **Calculo caudal de toma común (Manifold):**

Utilizando la ecuación (2) y reemplazando el valor de caudal de demanda

$$Q_{total} = 6 \times 2 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s} = 1,2 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

4.2.2.5 **Calculo de diámetro tubería toma común**

Se utiliza la ecuación (1) y se despeja para encontrar el área de la tubería de toma común:

$$A_{mayor} \Rightarrow \frac{1,2 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}}{0,95 \frac{m}{s}} = 2,24 \times 10^{-3} m^2$$

Con el valor de área se despeja el valor del diámetro:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \rightarrow D = \sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}} \rightarrow$$

$$D = \sqrt{\frac{(1,26 \times 10^{-3} \times 4)m^2}{\pi}} \rightarrow 5,35m \rightarrow 53,5mm$$

Con este valor se busca en el catálogo de (Land 'n' Sea Distributing inc, 2015) la tubería de diámetro comercial que más se acerca a la calculada: $1 \frac{1}{2}'' = 0,04 \text{ m}$ (43,68mm). El área de área transversal para ésta es $(1,26 \times 10^{-3} m^2)$.

4.2.2.6 Nuevo cálculo de la velocidad con el nuevo diámetro de tubería:

$$V = 0,95 \frac{m}{s}$$

4.2.2.7 Cálculo de rugosidad relativa:

Con base en la Tabla 3 se selecciona la rugosidad del material, en este caso PVC, se obtiene un valor de

$$\varepsilon = 0,0015 \text{ mm}$$

usando éste valor y el diámetro encontrado anteriormente se halla el valor de la ecuación (4)

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,0015mm}{43,68mm} = 3,434 \times 10^{-5}$$

4.2.2.8 Cálculo del número de Reynolds

Utilizando la ecuación (5) y reemplazando los valores encontrados anteriormente

Se tiene:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$R_e = \frac{1020 \frac{Kg}{m^3} \times 0,95 \frac{m}{s} \times 0,04m}{1 \times 10^{-3} \frac{Kg}{m \times s}} = 3,90 \times 10^4$$

4.2.2.9 Cálculo de pérdidas primarias h_{ap}

Utilizando el número de Reynolds y el coeficiente de rugosidad relativa, del diagrama de Moody (Figura 1) se obtiene un factor de fricción de Darcy de $F=0,022$ y así de la ecuación (6) se tiene:

$$h_{ap} = 0,022 \times \left(\frac{30m}{0,04m} \right) \times \left(\frac{\left(0,950 \frac{m}{s} \right)^2}{2 \times 9,8 \frac{m}{s^2}} \right) = 0,766m$$

4.2.2.10 Cálculo de pérdidas de carga secundarias por contracciones repentinas h_{as} (m)

De la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se obtiene el número de contracciones:

1 de 1 1/2" a 3/4"

5 de 1 1/2" a 5/8"

Con esto se calcula la relación de diámetros y se ubica en la tabla de la Figura 2 un valor de K_L correspondiente a dicha relación, así:

$$\frac{(21,81^2)mm^2}{(43,68^2)mm^2} = 0,24 \rightarrow K_L \approx 0,41$$

$$\frac{(9,53^2)mm^2}{(43,68^2)mm^2} = 0,047 \rightarrow K_L \approx 0,5$$

Teniendo esto se reemplaza en la ecuación (7) para cada valor

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$h_a = 0,41 \left(\frac{\left(0,95 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \times \left(9,8 \frac{m}{s^2}\right)} \right) = 0,0192m$$

$$h_a = 0,5 \left(\frac{\left(0,95 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \times \left(9,8 \frac{m}{s^2}\right)} \right) = 0,0232m$$

Por lo tanto,

$$h_{as} = (5 \times 0,0192) + 0,0232 = 0,135m$$

4.2.2.11 Cálculo de pérdidas por accesorios h_{aa} (m):

Con base en la Figura 3 se hallan los valores del coeficiente de longitud equivalente para los accesorios:

Para válvulas de bola $K_l = 0,05$

Para conexiones en T $K_l = 1$

Para codos $K_l = 0,3$

Así, las longitudes equivalentes obtenidas mediante

$L_{equ} = \frac{D}{f} \times K_l$, con $f=0,022$ según se halló en el punto 8, las longitudes equivalentes son:


$$\text{Válvulas: } L_{equ} = \frac{0,04m}{0,022} \times 0,05 = 0,090m$$

$$\text{Conexiones en T: } L_{equ} = \frac{0,04m}{0,022} \times 1 = 1,818m$$

$$\text{Codos: } L_{equ} = \frac{0,04m}{0,022} \times 0,3 = 0,545m$$

Así la sumatoria en la ecuación 7 es:

$$\sum_{L_{equ}} (11 \times 0,090) + (4 \times 1,818) + (18 \times 0,545) = 18,09m$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Y reemplazando se tiene:

$$h_{aa} = 0,022 \times \left(\frac{18,09m}{0,04m} \right) \times \left(\frac{\left(0,95 \frac{m}{s} \right)^2}{2 \times 9,81 \frac{m}{s^2}} \right) = 0,462m$$

4.2.2.12 Cálculo de las pérdidas totales h_t (m)

Reemplazando en (8)

$$h_t = 0,766m + 0,135m + 0,462m = 1,364m$$

4.2.2.13 Cálculo de las pérdidas de carga del sistema h_a , ecuación (9)

$$h_a = 1,5m + \frac{\left(0,95^2 \frac{m^2}{s^2} \right)}{2 \times 9,81 \frac{m}{s^2}} + 1,364m = 2,911m$$

4.2.2.14 Cálculo de potencia de la bomba P_{neta} (W)

$$\text{Con } \gamma = 1020 \frac{Kg}{m^3} \times 9,8 \frac{m}{s^2} = 10006,2 \frac{Kg}{m^2 \times s^2}$$

Entonces

$$P_{bruta} = 2,911m \times 10006,2 \frac{Kg}{m^2 \times s^2} \times 1,2 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s} = 34,96W$$


Reemplazando en (10) con $\eta = 85\%$

$$P_{neta} = \frac{34,96W}{0,85} = 41,12W$$

$$\text{Luego } P_{ot} = V \times I \rightarrow I = \frac{P_{ot}}{V}$$

Se tiene una tensión de trabajo para la bomba de agua salada de 12V; reemplazando se tiene

$$I = \frac{41,12W}{12V} = 3,42A$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Se busca en la sección de plomería y aguas de (Land 'n' Sea Distributing inc, 2015) en busca de una bomba que cumpla con estas características. Y se selecciona la SHURFLO EXTREME™ High Flow Smart System 12 VDC la cual tiene incorporado un sistema inteligente el cual le permite a la bomba entrar en estado Stand-By en el momento que no se requiera su uso y entregar su caudal cuando se requiera; Tiene un consumo de corriente total de 5A. Ésta bomba cumple con los propósitos de éste sistema.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.3 ACHIQUE

“Las embarcaciones de carga deben tener al menos dos bombas de achique manejadas por motor, en el cuarto de máquinas y conectadas con la línea más baja de la nave, Las embarcaciones que cargan pasajeros, deben tener mínimo tres.

En las naves de pasajeros las bombas de achique son ubicadas donde sea vulnerable el casco a posibles inundaciones debido a daños y dichas zonas deben ser separadas por estancos, con el fin de que las tres bombas no sean inundadas por el mismo daño del casco.” (Eyres & Bruce, Ship Construction (Seventh Edition), 2012)

El bote tipo YachtCat 50’ cuenta con 5 habitaciones y un cuarto útil que están en contacto con el fondo del casco, por lo cual se decide instalar una bomba bajo cada compartimento, teniendo 6 en total.

Para el dimensionamiento nos basaremos en la norma ABYC H-22 (American Boat and Yacht Council. Hull Division Standard. Hull Performance Project Technical Committee, 2011)


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLE 1 FREE FLOW BILGE PUMP TEST

Free Flow Bilge Pump Test		
Head Height	Hose Length	Gallons/Liters Per Hour
0	0	*
3.28ft(1m)	9.84ft(3m)	*
6.56ft(2m)	19.68ft(6m)	*

* Flow rate values to be obtained by manufacturer at the completion of testing.

Figura 7. Orden de magnitud para bilge pump (American Boat and Yacht Council. Hull Division Standard. Hull Performance Project Technical Committee, 2011) Pág. 6

La longitud de manguera necesaria para llegar desde el lugar de la *bilge pump* hasta el *thruhull* no supera los 3 metros por lo tanto necesitamos una bomba que de una columna de agua de al menos 3,28ft. Nuestro proveedor (Brunger Export, 2016) de bilge pump ofrece la bomba RULE-10 la cual entrega un caudal de 1740 GPH a una tensión de 12V, y tiene un consumo de corriente de 13.6^a, la cual fue seleccionada.

4.4 SISTEMA DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA

Los yates tipo YachtCat 50' cuentan con 4 motores fuera de borda, en este caso Yamaha F250 4.3L ubicados por parejas en cada casco del yate y con giro contrario uno con respecto al otro, una única consola ubicada en el centro del bote a 7 metros de la base de sujeción de los motores al bote.

Se hará la selección de los elementos basándose en SeaStar, Hydraulic Steering selection guide (Marine Canada Acquisitions inc, 2015) además de la

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

norma ABYC P-17 (American Boat and Yacht Council. Hull Division Standard. Hull Performance Project Technical Committee, 2008).

4.4.1 Caracterización de la embarcación

Se dan a conocer las características de la embarcación, así como el uso para el que está diseñada

Tipo de casco:

Catamarán: dos cascos unidos por una cubierta de 50Ft de largo y 17ft de ancho

Motores:


2x Yamaha F250CW, 2x Yamaha F250CCW, dispuestos en una pareja de CW y CCW en cada casco de la embarcación, se cuenta con 2/3 del ancho del bote para instalación de motores.

Uso:

Recreativo, Principalmente para mar puede navegar con oleajes suaves, medios y medio-alto, es un yate personal diseñado para salidas tranquilas, enfocado al confort de todos los ocupantes. Pensado para un manejo suave, la función de piloto automático es opcional

Velocidad esperada:

45 Nudos

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.4.2 Selección componentes

	AGGRESSIVE USE (SEE NOTE 1)	NORMAL USE	
ENGINE	SEASTAR TOURNAMENT SERIES <i>(See Note 1 – Refer to page 3-7 through page 3-13)</i>	SEASTAR FRONT MOUNT <i>(Refer to page 3-4 through page 3-6)</i>	HYNAUTIC K-6 <i>(Normal Use ONLY – Refer to page 3-21)</i>
SINGLE ENGINE	SINGLE CYLINDER 350 HP Max HC63xx-3 Pro Cylinder <i>page 3-7 through page 3-9 (See Notes 2 & 3) or HC6845S (See page 3-11)</i>	SINGLE CYLINDER 350 HP Max 75 MPH Max HC53xx-3 Cylinder <i>(See Note 2)</i>	SINGLE CYLINDER 300 HP Max 55 MPH Max
DUAL ENGINE NON COUNTER ROTATING	SINGLE CYLINDER Tournament Cylinders <i>(See page 3-10 through page 3-13)</i>	SINGLE CYLINDER 450 HP Max 55 MPH Max HC53xx-3 Cylinder HO60xx Tie Bar	SINGLE CYLINDER 400 HP Max 55 MPH Max
	DUAL CYLINDER Tournament Cylinders <i>See page 3-10 through page 3-13)</i>	DUAL CYLINDER 600 HP Max HC53xx-3 Cylinders HO60xx Tie Bar	DUAL CYLINDER 500 HP Max 55 MPH Max
DUAL ENGINE COUNTER ROTATING	SINGLE CYLINDER Tournament Cylinders <i>(See page 3-10 through page 3-13)</i>	SINGLE CYLINDER 600 HP Max 55 MPH Max HC53xx-3 Cylinder HO60xx Tie Bar	SINGLE CYLINDER 500 HP Max 55 MPH Max
	DUAL CYLINDER Tournament Cylinders <i>(See page 3-10 through page 3-13)</i>	DUAL CYLINDER 600 HP Max 55 MPH Max HC53xx-3 Cylinders HO60xx Tie Bar	DUAL CYLINDER 500 HP Max 55 MPH Max
TRIPLE ENGINE ONE WITH COUNTER ROTATING	DUAL CYLINDER Tournament Cylinders <i>(See page 3-10 through page 3-13)</i>	DUAL CYLINDER 600 HP Max 55 MPH Max HC53xx-3 Cylinders HO60xx Tie Bar <i>*MAX center engine drop <.75"</i>	NOT RECOMMENDED
	Consult SeaStar Solutions Technical Service	TRIPLE CYLINDER 900 HP Max 55 MPH Max HC53xx-3 Cylinders HO60xx Tie Bar <i>*MAX center engine drop <.75"</i>	Consult SeaStar Solutions Technical Service
<p>1. SeaStar Solutions has specific steering equipment for boats that are driven aggressively, used in severe conditions or with more than 300 HP per engine.</p> <p>2. ALL ENGINES over 300 HP and all boats that are driven aggressively must use a high strength tiller bolt, kit part # HA5822. All front mount cylinders built after June 15, 2007 will have this high strength bolt included in the box. High strength tiller bolts can be identified by the marking "SEASTAR ARP" on the head of the bolt (refer to NOTICE page 3-5).</p> <p>3. HC63xx PRO Cylinders are designed for all those critical high speed, single outboard engine boats, such as Bass, Flats combo Race/Ski and other performance orientated boats capable of speeds in excess of 65 mph. For optimal performance, the use of SeaStar PRO helms and PRO Hoses are recommended.</p>			

Figura 8. Selección de cilindro según uso reproducido de (Marine Canada Adquisitions inc, 2015) página 3-3

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Se seguirá un orden de selección de componentes, como primer paso se elegirá la familia de cilindros que mejor se ajuste a la embarcación. Como segundo paso se seleccionará la referencia de cilindro que aplique a la referencia de motores del bote, así como los accesorios necesarios para un mejor funcionamiento. Como tercer paso se elige la bomba de timón (*Helm*), Como último paso se seleccionan la longitud de mangueras, los acoples y la bomba de dirección asistida.

4.4.2.1 Selección del cilindro

Teniendo en cuenta que no es un bote de competencia, ni para uso agresivo, se ubica en la columna “normal use” y se busca coincidencia con el tipo de configuración de motores, en este caso “DUAL ENGINE COUNTER ROTATING”, ya que el yate está al límite de potencia y velocidad máximos para la aplicación se recomienda usar un cilindro para cada motor “dual cylinder” para evitar el sobre esfuerzo en el timón. Por lo tanto, los cilindros a elegir son aquellos que pertenezcan a la referencia H53xx-3

4.4.2.2 Selección de referencia del cilindro

El bote es tipo catamarán por lo tanto el cilindro recomendado es el HC5375-3

“HC5375-3 Catamarán Steering Cylinder

El cilindro HC5375-3 tiene el mismo montaje y las propiedades de diseño que el cilindro de montaje frontal HC5345-3. Los sellos internos en el pistón son diferentes. Éstas diferencias reducen la cantidad de re alineamiento de motores.” (Marine Canada Acquisitions inc, 2015)

Se recomienda el uso de una “*Tie Bar*” o barra de alineamiento para igualar el giro de cada pareja de motores, reduciendo el des-alineamiento; además de

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

esto se debe instalar una “*liquid Tie-bar*” o Válvula de realineamiento, ésta se encarga de anular el paso de aceite hacia un par de motores en caso de desalineación, permitiendo llevar el par contrario a la misma posición, las referencias de estos componentes son:

- HO6002 Tie Bar.
- HA5471-2 Liquid tie bar.

4.4.2.3 Selección de Helm.


Las referencias de estas bombas varían según la capacidad en pulgadas cubicas de aceite, el número de giros y la posibilidad de ajustar la posición del timón. Para la aplicación en cuestión se recomienda el uso de bombas con un máximo de 1.7 pulgadas cúbicas.

“Debido a los requerimientos de conexión, todos los sistemas con “Liquid Tie bar” deben usar una bomba “Helm” de 1.7 pulgadas cubicas. Aunque existan físicamente dos cilindros en el sistema, el volumen total del Sistema es el de un cilindro. Usar un “helm” de 2.4 pulgadas cubicas puede resultar en un esfuerzo mayor para girar el timón.” (Marine Canada Acquisitions inc, 2015)

Según elección del cliente la bomba puede ser ajustable, el diseño por defecto incluye una bomba no ajustable, ya que la posición de manejo al frente de la consola, se diseñó para ser lo más cómoda posible por tanto se selecciona la referencia HH5271-3.

4.4.2.4 Selección de mangueras, racores y bomba de dirección asistida


Las bombas de dirección asistida vienen en dos tipos:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Sencilla: una bomba de encendido automático, ésta bomba requiere conexión eléctrica de poder y un control para activar o desactivar el funcionamiento de la bomba, en la parte hidráulica requiere una manguera para cada salida del “Helm” y una manguera adicional como línea de compensación y entrega dos líneas de salida para los cilindros. La referencia de ésta bomba es PA1225-2

Con piloto automático: es una bomba de encendido automático que requiere conexión eléctrica de potencia, una conexión de control para activar o desactivar y una adicional para conectarse con un GPS. En la parte hidráulica a igual que la sencilla requiere tres mangueras hacia el Helm y dos hacia los cilindros. La referencia para esta bomba es PA6020

A continuación, se muestra el diagrama de conexión del sistema de dirección hidráulica según el cual se nombran los tramos de manguera y se da una idea del funcionamiento del mismo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

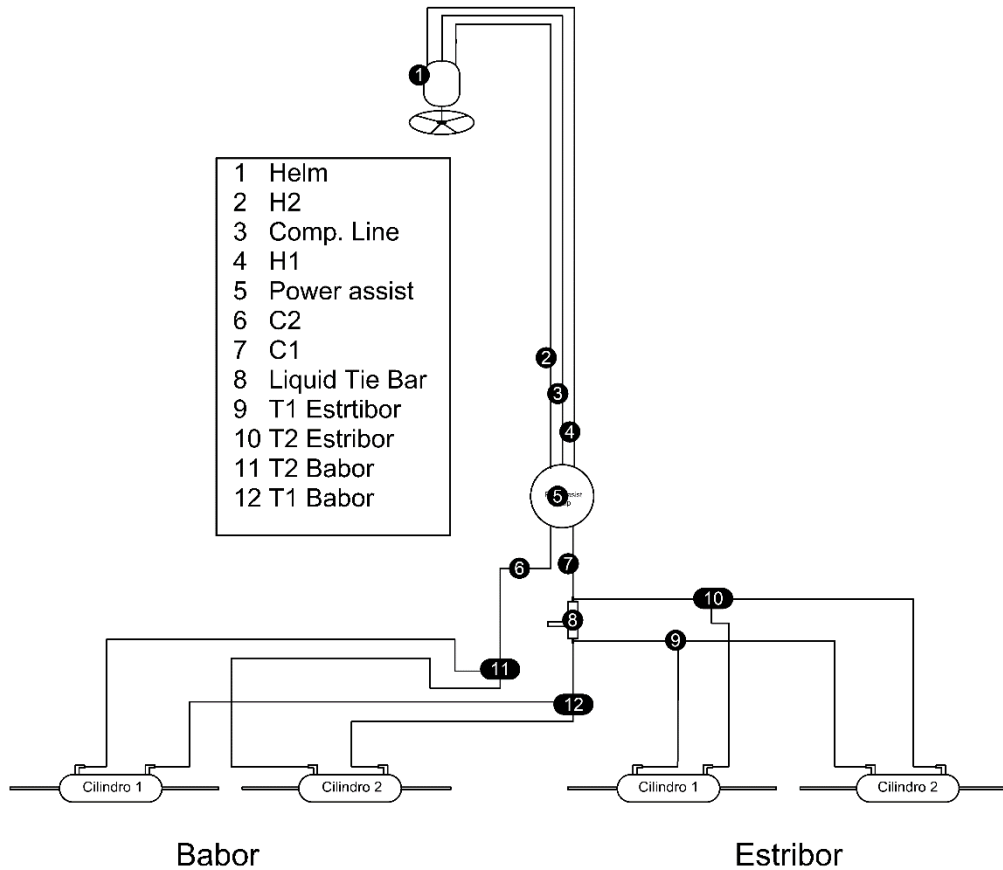


Figura 9. Diagrama de conexión dirección hidráulica

Para la selección de mangueras se toman las medidas desde la consola hasta los cilindros tomando en cuenta la ruta por donde pasaran las mangueras. véase Figura 9, Las medidas obtenidas son las siguientes:

Tramo 1 (H1, H2, R) de bomba (*Helm*) a bomba de dirección asistida (*Power assist*): 9m (29,53 ft).

Tramo 2 (C1) de la bomba de dirección asistida a la válvula de realineación: 1m (3,28ft).

Tramo 3 (C2) de la bomba de dirección asistida a la primera T de babor: 1m (3,28ft).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tramo 4 de la válvula de realineación a segunda T de babor: 1m (3,28ft).

Tramo 5 de las T de babor a los cilindros: 4m (13,12ft).

Tramo 6 de la válvula de realineación a las T de estribor: 1,5m (4,92ft).

Tramo 7 de las T de estribor a los cilindros 4m (13,12ft)

Con estas medidas se revisa el catálogo (Brunger Export, 2016) para conocer las medidas disponibles. Las referencias de los elementos son:

Las mangueras se piden bajo la referencia HO51xx donde xx se reemplaza por la longitud en Ft requerida, las medidas de las mangueras cambian de la siguiente manera: entre 1 y 5 ft aumentan cada 1 ft, de 6 a 30ft aumentan cada 2 ft, siendo 30ft la más larga disponible. Para la aplicación se piden las siguientes:


2 x HO5130 para tramo 1.

2 x HO5104 para tramos 2, 3 y 4.

x HO5114 para tramos 5 y 7.

1 x HO5106 para tramo 6.


2x HF5530 conexión en T (3 por Kit).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5 DISCUSIÓN

En este trabajo de práctica profesional se ha desarrollado una metodología para el dimensionamiento de las diferentes bombas de suministro de agua salada para aires acondicionados y sanitarios, además del agua dulce para el uso en los servicios que lo requieren. Los resultados muestran que debido a la tensión de uso en los catamaranes objetos de estudio y el tamaño de los mismos los requerimientos energéticos en forma de potencia de la bomba son relativamente bajos, esto se ajusta con resultados y normativa internacional (American Boat and Yacht Council, 2008) y ratifica el ejercicio realizado.

La empresa en la cual se hizo la práctica aprueba la metodología propuesta para la selección de los componentes de la dirección hidráulica y se espera que la ocurrencia de errores en la importación de costosos implementos debido a una pobre selección disminuya en el futuro.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22


6 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Esta experiencia ha mostrado cómo es posible diseñar y aplicar un aprendizaje basado en competencias y organizado aplicando la mecánica de fluidos y las normas internacionales. A partir de las orientaciones y recursos actualmente disponibles.

También ha mostrado que las aplicaciones generadas son útiles y valiosas para producir mejoras apreciables, como la disminución en los sobrecostos, en los cambios de materiales y en los servicios post-venta, tanto en los sistemas de aguas como en la selección de los componentes de la dirección hidráulica, todo esto gracias al correcto dimensionamiento y selección de los equipos involucrados en dichos sistemas.

Con esta práctica se deja a la empresa un procedimiento detallado para el correcto dimensionamiento y posterior selección tanto de las bombas de los diferentes sistemas de agua, como de los diferentes componentes de la dirección hidráulica.

Para el futuro se propone realizar un proceso de cálculo y selección de los diferentes sistemas presentes en los barcos como los son los aires acondicionados, la luminaria, el sistema eléctrico y la propulsión con el fin de llevar el proceso de fabricación de yates a un nivel estandarizado y lograr una mayor facilidad en la producción en serie.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

7 REFERENCIAS

American Boat and Yacht Council. (July de 2008). *ABYC H4 - Cockpit drainage systems*. (págs. 1-9). Annapolis: ABYC - American Boat & Yacht Council, Inc.

American Boat and Yacht Council. Hull Division Standard. Hull Performance Project Technical Committee. (2008). *ABYC H-23 Installation of potable water systems for use on boats*. Annapolis: American Boat & Yacht Council.

American Boat and Yacht Council. Hull Division Standard. Hull Performance Project Technical Committee. (2008). *ABYC H-27 Seacocks, Thru-hull fittings, and drain plugs*. Annapolis: American Boat & Yacht Council.

American Boat and Yacht Council. Hull Division Standard. Hull Performance Project Technical Committee. (2008). *ABYC P-17 Mechanical steering systems*. Annapolis: American Boat & Yacht Council.

American Boat and Yacht Council. Hull Division Standard. Hull Performance Project Technical Committee. (2011). *ABYC H-22 Electric bilge pump systems*. Annapolis: American Boat & Yacht Council.

Brunger Export. (20 de January de 2016). Catalogue 2016. Fort Lauderdale, Florida, United States of America: Btunger Export.

Çengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2006). *Fluid mechanics. Fundamentals and applications*. New York: McGraw-Hill Interamericana.

Empresas Publicas de Medellín. (2011). Criterios para definir el diámetro de acometida y medidor para urbanizaciones y edificios. Medellín: Empresas Publicas de Medellín.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Eyres, D. J., & Bruce, G. J. (2012). Pumping and piping arrangements. En D. J. Eyres, & G. J. Bruce, *Ship Construction (Seventh Edition)* (7 ed., págs. 315-325). Oxford: Butterworth-Heinemann. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-097239-8.00026-X>

Eyres, D. J., & Bruce, G. J. (2012). Ship Construction (Seventh Edition). En D. J. Eyres, & G. J. Bruce, *Ship Construction (Seventh Edition)* (7 ed., págs. 315-325). Oxford: Butterworth-Heinemann. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-097239-8.00025-X>

Land 'n' Sea Distributing inc. (12 de february de 2015). Catalogue 2015. Pompano Beach, Florida, United states of America: Land 'n' Sea.

Marine Canada Adquisitions inc. (2015). Hydraulic steering selection guide 2015. Richmond , British Coloumbia, Canada: Seastar Solutions.

Marú, Jiménez, M. S. (2004). Determinación de coeficientes convectivos de transferencia de calor natural y forzada para aletas radiales en agua y agua de mar. Puebla, Mexico: Universidad de las Américas Puebla.

Ministerio de Desarrollo Ecomnomico, Direccion de agua potable y saneamiento básico Republica de Colombia. (2000). *Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS - 2000*. Bogota D.C.: Ministerio de desarrollo económico, Dirección de agua potable y saneamiento básico, Republica de Colombia.


República de Colombia, Ministerio de desarrollo económico, Dirección de agua potable y saneamiento básico. (2000). *Reglamento técnico del secotr de agua potable y saneamiento básico RAS -2000*. Bogota D.C.: MinDesarrollo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

staff, H. M., Meadows, m. E., Walski, T. M., Barnard, T. E., & Durrans, S. R. (2002). *Computer Applications in Hydraulic Engineering, Fifth Edition* (5 ed.). Waterbury: Haestad Press.

Webasto Thermo & Comfort Ibérica, S.L.U. (2016). *Nueva gama BlueCool Serie S / BlueCool Classic, Unidades compactas de Aire Acondicionado*. Obtenido de www.webasto-marine.es:

http://www.webasto.com/fileadmin/webasto_files/documents/country-folder/spain/marine/Data-Sheet/Ficha_BlueCool_S_2014_ES.pdf

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Jaime Lozano

FIRMA ESTUDIANTES:

Luis Fernando Sandoval N.

FIRMA ASESOR:

FECHA ENTREGA: 03/08 /2016

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD


RECHAZADO _____ ACEPTADO _____ ACEPTADO CON
 MODIFICACIONES _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01- 22

FECHA ENTREGA: _____