



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

**SISTEMA TECNOLÓGICO PARA ALINEAR EN TIEMPO
REAL LOS BUQUES EN SU PASO POR LAS ESCLUSAS
DEL CANAL DE PANAMÁ**

SUSANA MATALLANA SANTIAGO CÓDIGO: 625284
DAVID EDUARDO RIAÑO VALDÉS CÓDIGO: 625326

PROGRAMA DE INGENIERIA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
BOGOTÁ, 2018

**SISTEMA TECNOLÓGICO PARA ALINEAR EN TIEMPO
REAL LOS BUQUES EN SU PASO POR LAS ESCLUSAS
DEL CANAL DE PANAMÁ**

**SUSANA MATALLANA SANTIAGO CÓDIGO: 625284
DAVID EDUARDO RIAÑO VALDÉS CÓDIGO: 625326**

**Monografía de trabajo de grado presentado como requisito para optar al
título de
INGENIERO DE SISTEMAS**

**PhD. ALEXANDRA MARIA LÓPEZ SEVILLANO
COORDINADORA TRABAJOS DE GRADO
amlopez@ucatolica.edu.co**

**PROGRAMA DE INGENIERIA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
BOGOTÁ, 2018**

Nota de Aceptación:
Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Facultad de Ingeniería y la Universidad Católica de Colombia para optar al título de Ingeniero de Sistemas.

Firma del presidente del Jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, 21 de mayo del 2018.

Dedicado a mi madre Delsa Santiago quien sembró en mí el amor por lo que se hace y la perseverancia, a mi hermana Mónica Matallana Santiago por su apoyo incondicional, el cual fue de gran ayuda para finalizar mi carrera profesional de forma satisfactoria, así como el apoyo de mis amigos Sofia Mendivelso y Fernando Rodríguez. Susana Matallana Santiago.

Dedicado a mi madre Yolanda Valdés y a mi hermana Vanesa Riaño, quienes acompañaron siempre este proceso, brindaron siempre su apoyo y fueron la gran motivación para culminar de manera exitosa mi etapa universitaria. David Riaño.



Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Colombia (CC BY-NC-SA 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Compartir bajo la Misma Licencia — Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a todas las personas que se vieron involucradas de una u otra manera en el desarrollo de este trabajo de grado, en especial los profesores con los que tuvimos la oportunidad de interactuar ya que ellos nos enseñaron a valorar el estudio, nos ayudaron y con quienes logramos superarnos cada día, también agradecemos a nuestras familias por el apoyo en todo el proceso universitario, por la confianza y su comprensión, por mantenernos motivados a ser los mejores y por estar en los días más difíciles de nuestra vida como estudiantes, al igual que nuestros amigos quienes nos brindaron sus conocimientos en momentos complejos. A nuestra tutora, Doctora Alexandra María López Sevillano por su constante ayuda, quien con su conocimiento nos permitió culminar el presente trabajo y con su experiencia en diferentes temas permitió aclarar inquietudes.

A la Universidad Católica de Colombia, a la Facultad de Ingeniería de Sistemas y los docentes que participaron en nuestra formación tanto en el aspecto académico como en el personal y quienes nos enseñaron los conceptos necesarios para ejercer esta bella profesión siempre bajo los principios éticos.

Y agradecer a Dios por darnos salud, un cuerpo y una mente sana.

CONTENIDO

	pág.
1. GLOSARIO.....	13
2. RESUMEN	15
3. INTRODUCCIÓN	16
4. GENERALIDADES.....	18
5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	19
6. DELIMITACIÓN - ALCANCE.....	20
7. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
7.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	21
7.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	22
8. JUSTIFICACIÓN	23
9. OBJETIVOS	25
9.1 OBJETIVO GENERAL.....	25
9.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
10. MARCOS DE REFERENCIA.....	26
10.1 MARCO CONCEPTUAL.....	26
10.1.1 Buques.....	26
10.1.2 Canal de Panamá.....	26
10.1.3 Comunicación.....	27
10.1.4 Comunicación Tecnológica.....	28
10.1.5 Incidente Operacional.....	29
10.1.6 Redes de Sensores.....	29
10.1.7 Red Inalámbrica.....	29
10.1.8 Sistemas de Soporte a Decisiones.....	30
10.1.9 Sistemas.....	30
10.1.10 Sensores.....	31
10.1.11 Tecnología.....	34
10.1.12 Tiempo Real.....	36
10.1.13 Conexión WIFI.....	36
10.2 MARCO TEÓRICO.....	37
10.2.1 Teoría General de Sistemas.....	37
10.2.2 Teoría de Buques.....	37
10.2.3 Teoría de las Esclusas.....	41
10.2.4 Teoría de la Alineación.....	42
10.2.5 Protocolo de Comunicación Inalámbrica IEEE 802.11.....	42
10.2.6 Fases del Desarrollo de Software.....	46
10.2.7 Fases de Desarrollo de Simulaciones CAD/CAM/CAE.....	47
10.3 MARCO GEOGRÁFICO.....	50
10.4 MARCO DEMOGRÁFICO.....	51
10.5 MARCO LEGAL.....	51
11. ESTADO DEL ARTE.....	54
11.1 SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS).....	54
11.1.1 Instrumentos de Medición.....	55

11.2 SISTEMA DE COMUNICACIONES, ADMINISTRACIÓN DE TRÁFICO Y NAVEGACIÓN – CTAN	57
12. METODOLOGÍA.....	59
12.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	59
12.2 MÉTODO	59
12.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	59
12.4 RECOLECCIÓN DE DATOS	60
13. DESARROLLO DE LA PROPUESTA	62
13.1 FUNDAMENTOS	62
13.2 PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA	62
13.2.1 Evidencia.	62
13.2.2 Tecnología.	64
13.2.3 Diseño.....	65
13.2.4 Simulación.	69
14. PRESUPUESTO	73
15. PRODUCTOS A ENTREGAR	75
15.1 ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN Y DIVULGACIÓN	76
16. CONCLUSIONES.....	77
17. RECOMENDACIONES	78
18. APORTES	79
19. TRABAJOS FUTUROS	80
20. ANEXOS	81
21. BIBLIOGRAFÍA	107

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Canales y estándares 802.11b y 802.11g	pág. 44
Tabla 2. Canales y estándares 802.11a	45
Tabla 3. Presupuesto de viáticos	73
Tabla 4. Presupuesto insumos, materiales	73

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Comunicación	28
Ilustración 2. Sensor laser	33
Ilustración 3. Sensor ultrasónico	34
Ilustración 4. Sensor de larga distancia	34
Ilustración 5. Arqueo	38
Ilustración 6. Francobordo	39
Ilustración 7. Flotabilidad	40
Ilustración 8. Estabilidad	41
Ilustración 9. Caminos del desarrollo de software	46
Ilustración 10. Supervisión y control	48
Ilustración 11. Componentes del CAD/CAM	49
Ilustración 12. Ubicación de Panamá	50
Ilustración 13. Canal de Panamá, Cocolí	50
Ilustración 14. Satélites GPS	54
Ilustración 15. Sensores	56
Ilustración 16. Rastreo de tráfico	57
Ilustración 17. Rastreo en vivo	58
Ilustración 18. SiCME	63
Ilustración 19. Distribución de red WLAN	64
Ilustración 20. SketchUp	65
Ilustración 21. Diseño inicial de las esclusas del Canal de Panamá, Cocolí	66
Ilustración 22. Ubicación de sensores esclusas del Canal de Panamá	66
Ilustración 23. Detalle ubicación sensores	66
Ilustración 24. Mockup Sistema de alineación - Vista general	67
Ilustración 25. Mockup Sistema de alineación – Vista detalle	68
Ilustración 26. Mockup Sistema de alineación - Vista entrada	68
Ilustración 27. Detalle sensores en el sistema de alineación	69
Ilustración 28. Escala de la simulación	70
Ilustración 29. Arribo del buque	70
Ilustración 30. Ingreso de buque en la barrera de contención.	71
Ilustración 31. Ajuste de buque en la barrera	71
Ilustración 32. Vista de sensores y buque	72

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Pasos del proceso tecnológico	35
Figura 2. Instrumentos	60
Figura 3. Recolección de datos	61
Figura 4. Metodología	62

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A . Reseña visita técnica internacional Panamá.....	81
Anexo B. Simulación del sistema tecnológico de alineación en tiempo real	100
Anexo C. Manual de usuario.....	100
Anexo D. Dispositivos de monitoreo y comunicación para el sistema de alineación	101

1. GLOSARIO

ADRIZAR: poner algo, en especial una embarcación, en posición vertical.²

ALINEACIÓN: colocación y disposición en línea recta de objetos, personas y cosas. Una serie de elementos.¹

AUTOMATIZACIÓN: es el uso de sistemas o elementos computarizados que sirven para controlar máquinas o procesos industriales.²

BUQUE: vehículo que tiene una estructura y capacidad para navegar por el mar y para transportar personas o cosas.³ Es un medio de transporte de grandes dimensiones solidez, resistencia, estabilidad, flotabilidad, estos pueden navegar a gran velocidad, dispone de una cubierta y está acondicionado para largos trayectos. Los fines pueden ser militares o comerciales.⁴

CANAL: son conductos que pueden ser abiertos o cerrados, por donde el agua circula debido a la acción de gravedad y sin ninguna presión ejercida, el agua fluye impulsada por la presión atmosférica y por su peso.⁵

CENTRO DE CARENA: es el centro de gravedad del volumen de agua desplazado por un flotador, para una condición dada. También se conoce con el nombre de centro de empuje, ya que es con fines de estabilidad donde se considera aplicada dicha fuerza.²

ESCINDIR: Cortar, dividir, separar.⁶

ESCLUSA: compartimento, con puertas de entrada y salida, que se construye en un Canal de navegación para que los barcos puedan pasar de un tramo a otro de diferente nivel, para lo cual se llena de agua o se vacía el espacio comprendido entre dichas puertas.²

ESCLUSAJE: es usado para describir el trayecto que un buque realiza al pasar por una esclusa cuando se está llenando o vaciando.⁷ Por otra parte, algunas personas determinan que este término hace referencia a pagar un peaje para pasar por las esclusas del Canal de Panamá.

NEOPANAMAX: los buques aptos para el tránsito por las nuevas esclusas.⁴

¹ DEFINICIONDE. 2018. <https://definicion.de>. Definición de. [En línea] 2018. <https://definicion.de>.

² WIKIPEDIA. 2018. Wikipedia.org. wiki. [En línea] 5 de abril de 2018. [Citado el: 8 de abril de 2018.] <https://es.wikipedia.org/wiki>.

³ J., ALONSO TIMÓN ANTONIO. 2015. Sectores regulados: Sector energético, sector del transporte y sector de las telecomunicaciones. s.l.: Dykinson, 2015. pág. p434.

⁴ GOOGLE. 2018. Definiciones. [En línea] 2018. <https://www.google.com.co>.

⁵ RUIZ, PEDRO RODRÍGUEZ. 2010. civilgeeks.com. [En línea] 10 de noviembre de 2010. [Citado el: 2 de abril de 2018.] <https://civilgeeks.com/2010/11/10/conceptos-y-elementos-de-un-Canal/>.

⁶ RAE. 2018. Diccionario de la Real Lengua Española. Real Academia Española. [En línea] 2018. <http://dle.rae.es>

⁷ INTERNACIONAL, DICCIONARIO. 2018. Diccionario Internacional. [En línea] agosto de 2018. [Citado el: 8 de agosto de 2018.] http://diccionario-internacional.com/definitions/?spanish_word=lockage.

PANAMAX: son aquellos buques diseñados para ajustarse a las dimensiones máximas permitidas para el tránsito por las antiguas esclusas del Canal de Panamá.⁸

POPA: parte posterior de una embarcación.⁸

PROA: parte delantera de una embarcación, con la cual corta las aguas.⁸

PROPONER: manifestar con razones algo para conocimiento de alguien o para inducirle a adoptarlo.⁹

SIMULACIÓN: simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a cabo experiencias con él, con la finalidad de aprender el comportamiento del sistema o de evaluar diversas estrategias para el funcionamiento del sistema (Shannon, 1988)⁹

SISTEMA: conjunto de objetos o ideas que están interrelacionados entre sí como una unidad para la consecución de un fin (Shannon, 1988). También se puede definir como la porción del Universo que será objeto de la simulación.¹⁰

SENSAR: hace referencia a realizar una acción de monitoreo, medir una condición, una expresión similar es "*monitoriza*" cuya definición va acorde y aparece en DRAE.

SISTEMA DISTRIBUIDO: conjunto de computadoras especialmente separadas pero que se hallan integradas dentro de un marco organizativo común por una red de conexiones.¹¹

SENSOR: dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente.⁸

TRANSMUTAR: mudar o convertir algo en otra cosa.⁸

TECNOLOGÍA: aplicación de los conocimientos a la consecución de resultados prácticos, bien en forma de equipos o bien de técnicas conducentes a procesos industriales.¹¹

TIEMPO REAL: modo de diálogo que se caracteriza por una transmisión en directo de la comunicación entre los agentes de la utilizan.

⁸ WIKIPEDIA. 2017. Wikipedia.org. wiki. [En línea] 1 de abril de 2017. [Citado el: 1 de abril de 2017.] <https://es.wikipedia.org/wiki>.

⁹ RAE. 2018. Diccionario de la Real Lengua Española. Real Academia Española. [En línea] 2018. <http://dle.rae.es>.

¹⁰ R.E., SHANNON. 1988. Simulación de Sistemas. Diseño, desarrollo e implementación. México: Trillas, 1988.

⁸ WIKIPEDIA. 2017. Wikipedia.org. wiki. [En línea] 1 de abril de 2017. [Citado el: 1 de abril de 2017.] <https://es.wikipedia.org/wiki>.

¹¹ GISPERT, CARLOS DE. Diccionario Ilustrado de las Ciencias y la Tecnología. Madrid: Grupo Océano. pág. 735. ISBN: 978-84-494-2866-1.

2. RESUMEN

Abstract: The Panama Canal locks are part of the critical infrastructure of the world, since a large percentage of the merchandise that supports the economy of most countries with an active trade balance transits through them and its goal is continuous improvement of everything that allows them to grow and become a leader in maritime services.

A technical visit and guided by the engineers, a load of the facilities of the Canal, approved the actual process used with the large vessels at the moment of requiring the interoceanic passage; The visit not only provides the necessary procedures to maintain control and order, but also justifies the question before making the trip, why have there been incidents of collisions with large ships? Are not there enough tools to avoid these incidents? How is the income alignment procedure performed and how is it done during the trip? The observation and the answers provided allowed us to develop the work below, which describes a depth in the proposal of a support system in the alignment process to reduce the incidents that have occurred.

Key words: *Alignment, lock, processes, ship, system.*

Las esclusas del Canal de Panamá hacen parte de la infraestructura crítica del mundo, ya que por ellas transita gran porcentaje de la mercancía que soporta la economía de la mayoría de países con una balanza comercial activa y su objetivo es la mejora continua de todo lo que les permita crecer y convertirse en líder de servicios marítimos.

Una visita técnica y guiada por los ingenieros, a cargo de las instalaciones del Canal, permitió observar el proceso actual utilizado con las grandes embarcaciones al momento de requerir el paso inter-oceánico; la visita no solo permitió evidenciar los procedimientos de manejo de los buques e infraestructura que soporta las instalaciones y los sistemas que son necesarios para mantener el control y orden, también permitió justificar el interrogante planteado antes de realizar el viaje, ¿Por qué han ocurrido incidentes de choques con buques de grandes dimensiones? ¿No hay suficientes herramientas para evitar estos incidentes? ¿Cómo se realiza el procedimiento de alineación en el ingreso y como se mantiene durante su recorrido? La observación y las respuestas proporcionadas permitieron desarrollar el trabajo a continuación, el cual describe a profundidad la propuesta de un sistema de apoyo en el proceso de alineación para disminuir los incidentes ocurridos.

Palabras Clave: *Alineación, esclusa, procesos, buque, sistema.*

3. INTRODUCCIÓN

Con la ampliación y apertura de las nuevas esclusas la Autoridad del Canal de Panamá, en adelante ACP, debió implementar nuevos procesos que permitieran el uso de este paso interoceánico, anteriormente, los barcos que transitaban por las esclusas ya existentes hoy llamadas "Clásicas" por los lugareños, ostentaban menores dimensiones, menores riesgos y gracias a la experiencia del personal obtenida durante más de 100 años, mayor experticia en el proceso. La especialidad y la especificidad del transporte actual, sumado al notable incremento comercial a nivel global, además de la estratégica posición geográfica de dicho Canal ha provocado que las nuevas generaciones de embarcaciones, conocidas como Neopanamax, requieran un adecuado y cuidadoso proceso de aproximación y alineación en todas las fases de navegación, es decir, la entrada, el tránsito y la salida de las esclusas; por este motivo, el servicio de remolcadores es uno de los elementos claves dentro del proceso de alineación.

El servicio se presta a los buques de grandes dimensiones que desean acceder a las esclusas, con el fin de evitar choques contra las paredes se asignan entre dos a cuatro remolcadores que proveen dirección a la embarcación para que pueda continuar con el esclusaje por el Canal de Panamá, los accidentes que se originen durante este procedimiento repercuten en actividades de reparación poco favorables para las navieras y mucho menos para los administradores del Canal; lo que para muchas flotas marítimas resulta altamente perjudicial el incumplimiento de la entrega de sus fletes por las consecuencias legales asociadas a las multas y costos en reparaciones imprevistas.

Para llevar a cabo este proceso son tenidos en cuenta otros aspectos importantes que permiten conocer con anterioridad el manejo que se le debe dar a la embarcación, como la seguridad, maniobrabilidad, espacio y dimensiones de tal modo que apoye la toma de decisiones con el fin de minimizar los riesgos que afecten la integridad de los navíos, la infraestructura y las operaciones en el Canal de Panamá.

Al numerar la serie de inconvenientes y accidentes que se han generado por los deficientes mecanismos actuales que soportan la debida alineación en las orillas de las esclusas se evidencia que eliminar el mecanismo existente en las esclusas "clásicas" no fue la mejor opción, por lo tanto es necesario recordar que actualmente este proceso es ejecutado por unas locomotoras sobre rieles "mulas", independientes y autónomas que corrían a lo largo de la misma y proveían no solo de soporte sino también de tracción y direccionamiento del navío durante su recorrido. Sin embargo, en los nuevos juegos de esclusas esta tarea ha sido reemplazada por el Centro de Simulación, Investigación y Desarrollo Marítimo (SIDMAR), encargado de capacitar el personal que direcciona las naves remolcadoras y le proporcionan la autoridad suficiente sobre el buque remolcado durante las fases antes mencionadas en el esclusaje, además teniendo en cuenta factores operacionales tales como las corrientes marinas y los vientos, el efecto de las aguas poco profundas que inciden y afectan directamente en el calado del barco, las interacciones entre buques, la interacción con la ribera y la propulsión derivada

de los motores y propelas hace notoria la necesidad de utilizar un sistema de apoyo. En consecuencia, se realiza la propuesta de un *SISTEMA TECNOLÓGICO PARA ALINEAR EN TIEMPO REAL LOS BUQUES EN SU PASO POR LAS ESCLUSAS DEL CANAL DE PANAMÁ*, y se contemplan diferentes fases para lograr el propósito, siendo la primera el acercamiento o, lo que es lo mismo, el levantamiento de información por medio de la visita técnica al área de producción o punto de acción, para identificar las metodologías y procesos necesarios para el desarrollo de la propuesta; en su segunda fase, teniendo en cuenta la información recibida e identificada se puede detallar una alternativa tecnológica que soporte la optimización de la alineación y, en una etapa final, teniendo los resultados de las fases anteriores, diseñar y lograr simular el sistema tecnológico con el ánimo de observar el posible funcionamiento de la propuesta y así determinar cómo esto puede optimizar del proceso de alineación.

4. GENERALIDADES

Un sistema tecnológico brinda soporte en la toma de decisiones con base en la información suministrada por los componentes que integran el sistema, en esta ocasión, para mantener alineados los buques en su ingreso al Canal de Panamá. Estas embarcaciones cuentan con estructuras y capacidad para transportar gran cantidad de personas o mercancías, lo que conlleva a su navegación a gran velocidad y acondicionada para largos trayectos, sin embargo, en las estrechas instalaciones que le permiten paso como las esclusas de cualquier Canal interoceánico estas características pueden ocasionar dificultades en la maniobra.

5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Este trabajo sigue la línea de investigación de Software Inteligente y Convergencia Tecnológica. La propuesta contempla sensores que permiten la recepción de información a partir de su entorno, ofrece la posibilidad de manejar y procesar los datos de forma digital de manera innovadora y permite que la utilización eficiente de la información y la apropiación de nuevas técnicas converjan en la optimización de recursos propios del negocio, transmutando en flexibilización laboral.

6. DELIMITACIÓN - ALCANCE

El proyecto se ha estructurado para proponer el diseño de un sistema y su simulación, lo que permita obtener información precisa y en tiempo real para que el proceso de alineación de buques en el Canal de Panamá sea el adecuado, teniendo en cuenta la importancia del proceso tanto para la empresa encargada de prestar el servicio, como para el mundo y su economía. Para lograr el objetivo del sistema se cuenta con la indagación realizada en la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) y el conocimiento obtenido de los ingenieros a cargo de esta obra de ingeniería, con base en esta información, se construye una alternativa de solución que implemente recursos de tecnología para apoyar el proceso de alineación de buques en el ingreso a las diferentes esclusas del Canal.

7. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

7.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El Canal de Panamá como prestador de servicios de paso interoceánico ha sido líder mundial en el negocio durante más de 100 años, investigaciones realizadas en fuentes secundarias como artículos publicados en internet, periódicos digitales, revistas digitales de Ingeniería, arquitectura, ciencia y tecnología, entre otras, permiten evidenciar las operaciones de tránsito que incluyen el servicio de remolcadores para el ingreso y alineación de buques; esta operación inicia con el arribo de un buque en las esclusas del Canal de Panamá (Miraflores, Cocolí, Pedro Miguel o Gatún) para el acceso a las cámaras de elevación o descenso.

En cuanto a los buques que llegan al Canal desde el Océano Atlántico, la embarcación entra en el Canal, empieza a navegar por éste hasta quedar detenido justo delante de la primera esclusa, llamada Gatún, el piloto de la nave debe ceder la guía de la embarcación para que ésta sea atendida por un remolcador que va en la proa y otro en la popa, al ingresar por completo a la cámara, la esclusa se llena con agua para elevar la nave desde el nivel del mar hasta una altura de 26 metros donde se encuentra el Lago Gatún que es por donde la embarcación debe continuar su recorrido para llegar a siguiente esclusa llamada Pedro Miguel. En este punto, la esclusa queda al nivel del agua para continuar el paso del barco por el lago que conduce la embarcación a la última esclusa llamada Miraflores o Cocolí, donde el agua desciende al nivel mar del Océano Pacífico y la guía, retorna al piloto del barco. Si la embarcación llega por el Océano Pacífico, el proceso es inverso al anteriormente descrito.

La participación de los remolcadores en este proceso de tránsito es vital para el alineamiento del barco, el ingreso del buque está custodiado por una barrera de protección (rompe olas) antes de pasar por la primera cámara, lo que permite neutralizar las corrientes y los vientos que empujan a los barcos hacia ángulos poco habituales causando que los remolcadores tengan que luchar contra los elementos y logren la posición correcta de la nave.

Los remolcadores cuentan con una barrera o extensión en la primera esclusa que les permite realizar el proceso de alineación y ubicar en paralelo la embarcación con la estructura, debido a las protecciones para los buques en caso de que la incorrecta manipulación los lleve a chocar. Así mismo; los remolcadores tienen la suficiente experiencia de los pilotos, quienes están altamente calificados y entrenados para realizar estas maniobras; sin embargo, han ocurrido distintos incidentes, como el caso del barco chino Xin Zhou Fei, el cual chocó contra una pared ocasionándole unos pequeños agujeros en el casco, dejándolo fuera de servicio, según indica el *The New York Times* "En menos de un mes, varios barcos han sufrido más de 100 choques leves en el nuevo Canal de Panamá".

Cabe precisar que estos accidentes ocurrieron en la nueva ampliación del Canal de Panamá cuando no tenía ni un mes de haber sido inaugurada. La situación presentada con el Xin Fei Zhou no ha sido el único revés del Canal, la situación ocurrida con las demás embarcaciones y sus choques leves contra las protecciones

de plástico indican que la ACP cuenta con una logística inadecuada, de lo contrario no se presentarían estos incidentes operacionales.

7.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo disminuir los incidentes operacionales en el ingreso de los buques en las esclusas del Canal de Panamá a través de un sistema tecnológico de alineación en tiempo real?

8. JUSTIFICACIÓN

El Canal de Panamá tiene como visión, ser líder mundial en servicios a la industria marítima. Así mismo, ser la piedra angular del sistema de transporte global e impulsores del progreso, desarrollo y crecimiento de Panamá; ser un modelo de excelencia, integridad y transparencia en su gestión y está comprometida con el desarrollo integral de su equipo humano.

Respecto al negocio, son una empresa que opera, mantiene y mejora el Canal de Panamá para ser la ruta preferida de sus clientes, donde construyen relaciones duraderas, entendiendo y anticipando las necesidades, aportándoles valor y brindándoles un servicio de calidad. Aportan riqueza, contribuyen con su gestión al bienestar, desarrollo, progreso y mejoramiento de calidad de vida de todos los panameños, todo esto en el marco de la misión del Canal de Panamá, en los cuales, los procesos estratégicos están orientados en la misión y visión de la organización, según indica el manual de calidad publicado en internet.

Ahora bien, la visión y misión de la compañía están articulados con el objetivo de consolidarse como una alternativa de transporte que potencia el comercio marítimo mundial con la ampliación del Canal, lo que permite a los barcos enormes *Neopanamax* cruzar Centroamérica, del Océano Pacífico al Atlántico y viceversa, sin tener que rodear todo el continente ya que anteriormente no podían utilizar el servicio del Canal por sus grandes medidas.

En la actualidad, el Canal ha recibido alrededor de 1000 buques *Neopanamax*, que contienen hasta 13.000 contenedores, prácticamente tres veces más de lo que transcurría en el Canal antes de su ampliación, el 53% de la carga de contenedores que transita por la vía interoceánica, utiliza el Canal ampliado.

De otra parte, la planificación y desarrollo comercial del Canal de Panamá pronostica que sus ingresos se incrementarán para el próximo año entre un 16% y un 17%, según publicación del diario digital La estrella de Panamá, en su artículo “¿Qué impacto económico tiene la ampliación del Canal de Panamá?”

En consecuencia, la responsabilidad social y económica son los pilares fundamentales para proponer una mejora en el proceso de remolque, incluso apoyar la imagen proyectada de orgullo, progreso, servicio y el sentido de estar en constante mejora para continuar siendo en el futuro una arteria de transporte viable y económico dentro del comercio mundial con valor agregado.

La solución a los incidentes que se presentan en la actualidad con los buques permite reunir los esfuerzos del Canal de Panamá con otros procesos de gran importancia, así mismo, la disminución de costos por concepto de reparaciones y de responsabilidades legales con las embarcaciones que ceden el mando al personal del Canal.

La correcta manipulación de un navío en su trayecto por las esclusas, da lugar a disminuir el tiempo de cruce que, si bien ha sido medido y registrado por el personal del Canal con la implementación de un nuevo proceso, se puede lograr disminuir aún más, evitando el incremento del riesgo de accidentes y la congestión con otras embarcaciones que esperan su turno para avanzar.

Las operaciones en el proceso de guía de los buques se encuentran limitadas por la poca visión que tienen los remolcadores y la falta de comunicación con la que cuentan, cuando se trata de embarcaciones tan grandes como las que cruzan el Canal de Panamá, remolcarlos se convierte en una tarea delicada, ya que la manipulación de un bien mueble ajeno de alto valor, que, si bien los capitanes de estos grandes buques, ceden el control a los remolcadores, transfiriendo con ello la responsabilidad integral de las mismas, por esta razón, es necesario asegurar la implementación de los controles, esquemas pertinentes y adecuados para garantizar la excelencia en la operatividad y fiabilidad al proceso.

9. OBJETIVOS

9.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer un sistema tecnológico para alinear en tiempo real los buques en su paso por las esclusas del Canal de Panamá.

9.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el levantamiento de información sobre las metodologías y procesos que se utilizan en las esclusas del Canal de Panamá.
- Identificar y definir una alternativa tecnológica que permita optimizar el proceso de operaciones de tránsito de los buques.
- Diseñar y simular el funcionamiento del sistema tecnológico para la alineación en tiempo real de los buques en su paso por las esclusas del Canal de Panamá.

10. MARCOS DE REFERENCIA

10.1 MARCO CONCEPTUAL

10.1.1 Buques.

Es un flotador simétrico con respecto a un plano vertical y longitudinal, perpendicularmente a este se sitúa el plano de flotación, que varía según la posición de buque. Las condiciones en las que se haya cargado implican: que el buque esté más o menos sumergido, o sea, que tenga distintas flotaciones; que su proa o parte delantera en el sentido de la marcha, esté más o menos elevada que la popa o parte trasera, su inclinación longitudinal que se conoce como <asiento>; las dimensiones principales del buque son la eslora, la manga, el puntal y el calado.

La eslora se mide longitudinalmente, la manga es la medida transversal, el puntal se conoce como la altura vertical y el calado es la altura vertical de la flotación. <Babor> es el costado de la izquierda de un buque mirando longitudinalmente de popa a proa, y <Estribor>, el costado de la derecha mirando de la misma manera.

Una clasificación de los buques podría ser la que los agrupa por su uso: los buques de uso militar o similar constituyen una variedad tremenda de tipos y modelos; los buques para el tráfico comercial incluyen los de carga (petroleros, quimiqueros, gaseros, frigoríficos, ro-ro, rolo, portacontenedores, especializados) y los de pasaje (pasaje puro, o con vehículo y/o mercancías, ferries, transbordadores, etc.); los buques para servicio industrial son fundamentalmente los pesqueros, los dedicados a la explotación de los fondos del mar (plataformas semisumergibles, autoelevadoras, de exploración, de almacenamiento), otros (tendido de cables submarinos, de tuberías, de investigación, oceanográficos, hospital, buques escuela, etc.); para servicio de puertos nos encontramos los trenes de dragado, remolcadores, diques flotantes, cabrias, boyeros, etc.; para servicio de otros buques existen los buques de suministro a plataformas de perforación, buques de contraincendios, etc.; los buques de uso deportivo son los de vela y los de motor.¹²

10.1.2 Canal de Panamá.

La inauguración del Canal de Panamá se llevó a cabo el 15 de agosto del 1914, "Ancón" fue el buque que inauguró oficialmente la vía, desde entonces este cruce separa la tierra y une al mundo, el trayecto de aproximadamente 82 kilómetros de largo, cuyo cruce demanda un promedio de 9 horas y que disminuye más de 7.000 kilómetros de trayecto entre Londres y Tokio. Sin embargo, su concepción se llevó a cabo con los estudios de construcción los cuales datan desde 1534 por mano de Carlos V de España. La construcción de este Canal busca proporcionar una vía marítima corta y más económica entre el océano atlántico y el océano pacífico,

¹² VÁSQUEZ, JOSÉ ANTONIO y VEGA, FRANCISCO. 2003. LOS BUQUES. Madrid: Carroggio, S.A, 2003. ISBN 13: 9788472549623. Pag. 9, 37

desde su creación, el Canal ha influenciado significativamente el comercio mundial contribuyendo al desarrollo económico de muchos países.

Los tres problemas con los que se enfrentó la construcción del Canal de Panamá fueron: ingeniería, saneamiento y organización. En temas de ingeniería se debía excavar a través de la Cordillera Continental, adicional a que se debía construir la que para esa época sería la represa más grande del mundo y el reto más grande y para ese tiempo imponente, construir el Canal de esclusas jamás imaginado, esto estaría acompañado de las grandes compuertas que tendrían que construirse y solventar los problemas ambientales de grandes proporciones.

El éxito de su culminación se debió principalmente a las habilidades en ingeniería y la administración de hombres tales como John F. Stevens, el coronel George W. Goethals, y William C. Gorgas con la solución de significantes problemas de salubridad.¹³

10.1.3 Comunicación.

En la actualidad, la comunicación participa en nuestra vida cotidiana de muchas diferentes maneras [...] Las comunicaciones indican el rumbo de los barcos en altamar, los aviones en vuelo, y los cohetes y los satélites en el espacio [...] La comunicación implica en forma manifiesta la transmisión de información de un punto a otro a través de una sucesión de procesos, como se describe aquí:

1. La generación de una señal del mensaje: voz, música, imagen o datos de computadora.
2. La descripción de esa señal del mensaje con cierta medida de precisión, mediante un conjunto de símbolos: eléctricos, auditivos o visuales.
3. La codificación de estos símbolos en una forma que sea adecuada para la transmisión por un medio físico de interés.
4. La trasmisión de los símbolos codificados al destino deseado.
5. La decodificación y la reproducción de los símbolos originales.
6. La recreación de la señal del mensaje original, con una declaración definible en la calidad; la degradación la ocasionan las imperfecciones del sistema.

En las comunicaciones por computadora que comprenden dos o más computadoras que se comunican entre ellas, las decisiones humanas sólo participan en la formulación de los programas o comandos de la máquina o en la supervisión de los resultados.

Independientemente, de la forma del proceso de comunicación que se esté considerando, existen tres elementos básicos para todo sistema de comunicación: transmisor, Canal y receptor. El transmisor se localiza en un punto en el espacio, el

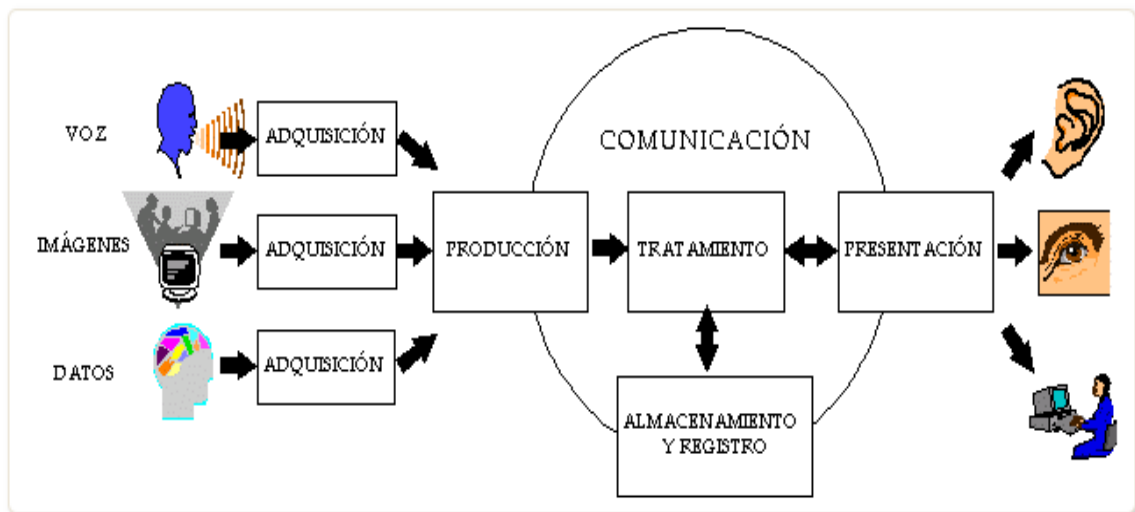
¹³ MI CANAL DE PANAMÁ, Mi Canal de Panamá. *Mi Canal de Panamá*. [En línea] 04 de marzo de 2017. [Citado el: 14 de Agosto de 2018.] <http://miCanaldepanama.com/nosotros/historia-del-Canal/diseno-de-las-esclusas/>.

receptor se ubica en algún otro punto separado del transmisor, y el Canal es el medio físico que los conecta. ¹⁴ Ver **Ilustración 1. Comunicación.**

Existen dos modos básicos de comunicación:

1. Transmisión, que implica el uso de transmisor poderoso y de numerosos receptores cuya construcción es relativamente económica. Aquí las señales que contienen la información sólo fluyen en una dirección.
2. Comunicación punto a punto, en la cual los procesos de comunicación se llevan a cabo por un enlace entre un solo transmisor y un receptor. En este caso, casi siempre existe un flujo bidireccional de las señales que llevan la información que requiere el uso de un transmisor y un receptor en cada extremo del enlace.

Ilustración 1. Comunicación



Fuente: Tecnología Educativa Chepo, en línea: <https://sites.google.com/site/tecnologiaeducativachepo/tic-antecedentes-y-definicion>

10.1.4 Comunicación Tecnológica.

La comunicación consiste en la transmisión de una información de un emisor hacia un receptor, si se encuentran lejos uno del otro, se habla de comunicación a distancia o telecomunicación. Desde el siglo XIX, los mensajes se empiezan a transmitir a través de la corriente eléctrica, mediante el telégrafo y posteriormente el teléfono, más adelante a través de ondas electromagnéticas, que viajan a mayor velocidad que la corriente eléctrica, las cuales no necesitan de un medio físico para su transmisión y que se pueden transmitir en un mayor espectro y en espacios

¹⁴ HAYKIN, SIMON. 2005. Sistemas de comunicación. México: Limusa, 2005. pág. 816. ISBN: 968-18-6307-0.

abiertos. Esta evolución es la cual permite el concepto de comunicación por medio de la tecnología, la facilidad que las herramientas presentan tanto al emisor como al receptor para compartir información.¹⁵

10.1.5 Incidente Operacional.

A medida que una empresa crece y sus operaciones se hacen más complejas, también crece su riesgo operacional. El riesgo operacional es inherente a cualquier actividad empresarial y se materializa en pérdidas de causas muy diversas como:¹⁶

- Reclamaciones de clientes como consecuencia de errores en procesos de negocio.
- Pérdidas como consecuencia de caídas o errores de sistemas informáticos.
- Pérdidas como consecuencia del no cumplimiento de las obligaciones para con los clientes, bien por negligencia o por error.
- Pérdidas como consecuencia de sanciones derivadas de un producto o servicio que no cumple con la legislación aplicable.
- Pago de multas y/o indemnizaciones como consecuencia de incumplimientos de la legislación de prevención de riesgos laborales o de la legislación laboral.

10.1.6 Redes de Sensores.

Según el Centro Nacional de Tecnologías de información – CNTI, una red es una agrupación tanto de equipos como de programas que comparten recursos entre sí, observando “reglas de comportamiento” a partir del uso de un lenguaje y medios de transmisión comunes, sin importar, en lo esencial la naturaleza de cada elemento dentro de la red. Por ello, se puede decir que una red de sensores, es una herramienta para el sensado distribuido de uno o más fenómenos, que informa de los datos medidos a uno o a más observadores, cuyo objetivo es monitorizar y eventualmente controlar una variable medioambiental.¹⁷

10.1.7 Red Inalámbrica.

El término red inalámbrica se utiliza en informática para designar la conexión de nodos que se da por medio de ondas electromagnéticas, sin necesidad de una red cableada o alámbrica. Una de sus principales ventajas es notable en los costos, ya

¹⁵ MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE. 2011. educaLAB. [En línea] 2011. [Citado el: 16 de abril de 2018.]

<http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esotecnologia/quincena3/pdf/quincena3.pdf>.

¹⁶ SÁNCHEZ, MIGUEL A. 2014. Negocios bajo control. [En línea] 19 de febrero de 2014. [Citado el: 19 de abril de 2018.] <https://technologyincontrol2.wordpress.com/2014/02/19/registro-de-perdidas-por-incidentes-operacionales-pautas-basicas/>.

¹⁷ LEIJA, LORENZO. 2009. MÉTODOS DE PROCESAMIENTO AVANZADO E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN SISTEMAS SENSORES Y BIOSENSORES. México: Reverté S.A, 2009. ISBN 978-607-7815-01-3.

que se elimina el cableado y conexiones físicas, pero también tiene una desventaja considerable ya que para este tipo de red se debe tener una seguridad mucho más exigente y robusta para evitar a los intrusos. Las redes inalámbricas se clasifican según su tipo:¹⁸

- WPAN: Wireless Personal Area Network
- WLAN: Wireless Local Area Network
- WMAN: Wireless Metropolitan Area Network
- WWAN: Wireless Wide Area Network

10.1.8 Sistemas de Soporte a Decisiones.

Un DSS es definido como un sistema interactivo basado en computador que da soporte a los tomadores de decisiones en vez de reemplazarlos, utiliza datos y modelos para resolver problemas con diferentes grados de estructura. Así, se entiende que el DDS hace referencia al conjunto de elementos de un sistema que proporcionan la información necesaria para soportar la toma de decisiones y que suministran información con base en los valores y alternativas con los que disponga.¹⁹

10.1.9 Sistemas.

La ciencia moderna se caracteriza por la especialización siempre creciente, impuesta por la inmensa cantidad de datos, la complejidad de las técnicas y de las estructuras teóricas dentro de cada campo. De esta manera la ciencia está escindida en innumerables disciplinas. En consecuencia, el físico, el biólogo, el psicólogo y el científico social están, por así decirlo, encapsulados en sus universos privados. Parece legítimo pedir una teoría no ya de sistemas de clases más o menos especial, sino de principios universales aplicables a los sistemas en general. De aquí en adelante una nueva disciplina llamada Teoría general de los sistemas. Su tema es la formulación y derivación de aquellos principios que son válidos para los < sistemas > en general.²⁰

Existe un acuerdo general en definirlo como conjunto de partes coordinadas para alcanzar ciertos objetivos [...] Como un método de análisis, [...] conjunto de pasos que son las etapas [...] que puede seguir para alcanzar su objetivo: describir y definir un sistema total. Los pasos son los siguientes:

¹⁸ WIKIPEDIA. 2017. Wikipedia.org. wiki. [En línea] 1 de abril de 2017. [Citado el: 1 de abril de 2017.] <https://es.wikipedia.org/wiki>.

¹⁹ RUIZ, ALEXANDRA. 2009. Implementing a decision support system (DSS) in e-business. s.l.: INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN, 2009. Vol. 29.

²⁰ BERTALANFFY, LUDWIG VON. 1989. Teoría general de los sistemas. Séptima reimpresión. México: Fondo de Cultura Económica, 1989. ISBN: 968-16-0627-2. Pág. 31-34

1. Los objetivos del sistema total.
2. El medio en que vive el sistema.
3. Los recursos del sistema.
4. Los componentes del sistema.
5. La dirección del sistema.

En ningún caso, estos pasos deben, forzosamente, tornarse de acuerdo con la secuencia aquí presentada. Más bien, a medida que uno avanza en el análisis y descripción del sistema, es probable que uno deba reexaminar el trabajo realizado en los pasos previos. Este es un proceso lógico y la lógica es esencialmente un proceso de controlar y re-controlar nuestros razonamientos.²¹

Sistemas y Subsistemas:

No todos los sistemas tienen una sola meta. A menudo un sistema está conformado por varios subsistemas – componentes de uno mayor – con metas secundarias las cuales contribuyen a alcanzar la meta principal. Los subsistemas pueden recibir entradas a otros sistemas o subsistemas y transferir salidas de otros sistemas o subsistemas. Todos los profesionales deben comprender los sistemas tanto organizacionales como físicos. Deben comprender los sistemas de información a fin de utilizarlos para apoyar su trabajo y sus interacciones con otras personas.²⁰

Sistemas cerrados versus abiertos:

Los sistemas son cerrados o abiertos dependiendo de la naturaleza del flujo de la información en el sistema. Un sistema cerrado es independiente y no tiene conexión con otros: no entra nada de otro sistema, nada sale hacia otro sistema. Un sistema abierto se comunica e interacciona con otros sistemas.²⁰

Sistemas de información:

Un sistema de información es casi intuitivo: un sistema de información (SI) está formado por todos los componentes que participan en el proceso de datos y la producción de información.²²

10.1.10 Sensores.

Un sensor físico es un dispositivo que detecta y/o mide una magnitud, estado o condición; es un dispositivo sensible a una magnitud física (posición, velocidad, temperatura...), estado o condición (presencia de una persona en una habitación, una puerta abierta o cerrada...) y que continua y reversiblemente, da una señal que es en función de esa magnitud, estado o condición. Por consiguiente, los sensores físicos permiten monitorear y controlar diferentes procesos y fenómenos del mundo

²¹ BERTOGLIO, OSCAR JOHANSEN. 1993. Introducción a la teoría general de sistemas. México: Limusa, 1993. Vol. Octava impresión. ISBN 968-18-1567-x.

²² SOUSA, KENNETH J. y OZ, EFFY. 2016. Administración de los sistemas de información. México: Cengage Learning, 2016. págs. 10 - 12. ISBN: 978-607-522-941-6.

físico que nos rodea. Ellos también se han convertido en parte esencial de la vida moderna en relación con todas las actividades domésticas, económicas, científicas y culturales del ser humano.²³

- Sensores de Temperatura
- Sensores Ultrasónicos
- Sensores Ópticos
- Sensores de Imágenes
- Sensores Micro-electromecánicos
- Sensores Magnéticos
- Sensores Potenciómetros
- Sensores Amperométricos
- Biosensores

10.1.10.1 Sensores de Distancia Laser

Los sensores de distancia láser o sensores láser de triangulación, son una excelente opción para la medida de distancia o desplazamiento sin contacto ni rozamiento, tal como se muestra en la **Ilustración 2. Sensor laser.**

Los rangos disponibles parten medir de unos pocos milímetros hasta decenas de metros, por lo que son apropiados para casi cualquier aplicación, siempre y cuando el ambiente sea limpio y lo permita. Las salidas disponibles son diversas, desde las analógicas estándar en corriente y voltaje, 4-20mA y 0-10V hasta interfaces digitales más avanzadas como ETHERCAT, ETHERNET o PROFIBUS.

²³ LEIJA, LORENZO. 2009. MÉTODOS DE PROCESAMIENTO AVANZADO E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN SISTEMAS SENSORES Y BIOSENSORES. Mexico: Reverté S.A, 2009. ISBN 978-607-7815-01-3.pág 11-12

Ilustración 2. Sensor laser



Fuente: SEICOM S.L, En línea:
<https://www.interempresas.net/Agricola/FeriaVirtual/Producto-Sensor-laser-Sensopart-FT-50-RLH-15794.html>

Los sensores de distancia y transductores de distancia, están pensados para realizar la medida de distancia lineal o desplazamiento lineal de una forma automatizada, ya que proporcionan una señal eléctrica según la variación física, en este caso la variación física es la distancia.²⁴

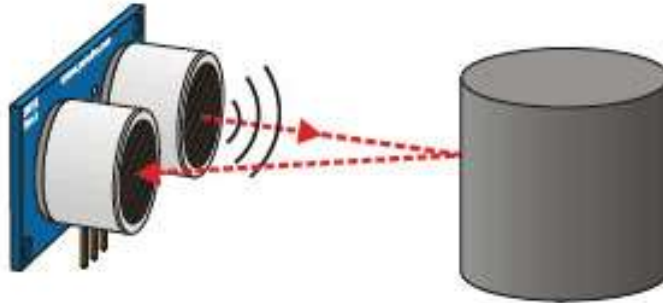
10.1.10.2 Sensores de Distancia Ultrasónicos

Son sensores compactos perfectos para medir distancia o desplazamiento sobre materiales translúcidos, irregulares, pulidos, etc., ver Ilustración 3. Sensor ultrasónico generando una salida correspondiente al rango de distancia medido en milímetros. Estos sensores se utilizan en aplicaciones sin contacto ni rozamiento, donde la medida de distancia por láser también queda insuficiente, debido a que es necesario medir en superficies como cristal, plástico transparente, agua, fibra, entre otros.

Todas estas superficies tienen en común que la medida óptica es errónea por el error de reflexión del láser.¹⁸

²⁴ SENSING S.L. 2018. SENSING. [En línea] 2018. [Citado el: 16 de mayo de 2018.] http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-distancia_36/Sensores-de-distancia-l%C3%A1ser_56/.

Ilustración 3. Sensor ultrasónico

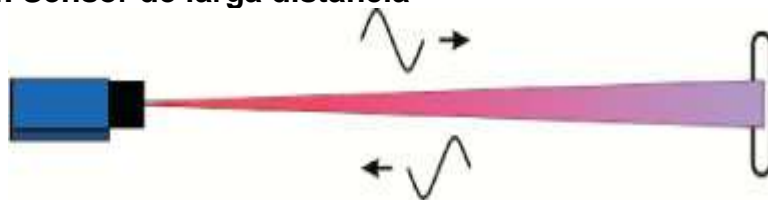


Fuente: LUIS LLAMAS, Ingeniería, informática y diseño, En línea: <https://www.luisllamas.es/medir-distancia-con-arduino-y-sensor-de-ultrasonidos-hc-sr04/>

10.1.10.3 Sensores de Larga Distancia

El láser de larga distancia o distanciómetro láser difiere de los modelos de triangulación en su modo de operación y por supuesto en el rango. Ver **Ilustración 4. Sensor de larga distancia**. Como su nombre indica el sensor láser de larga distancia está orientado para la medida en medias y largas distancias, ya que su rango ajustable de medida puede ser desde 0.2m hasta 100.2m con ayuda de reflector. Estos rangos tan altos no implican imprecisión ya que se cuenta con resolución de 2 a 20mm.²⁵

Ilustración 4. Sensor de larga distancia



Fuente: SENSING S.L. 2018. SENSING. [En línea] 2018. [Citado el: 16 de mayo de 2018.] <http://www.sensores-de-medida.es>

10.1.11 Tecnología.

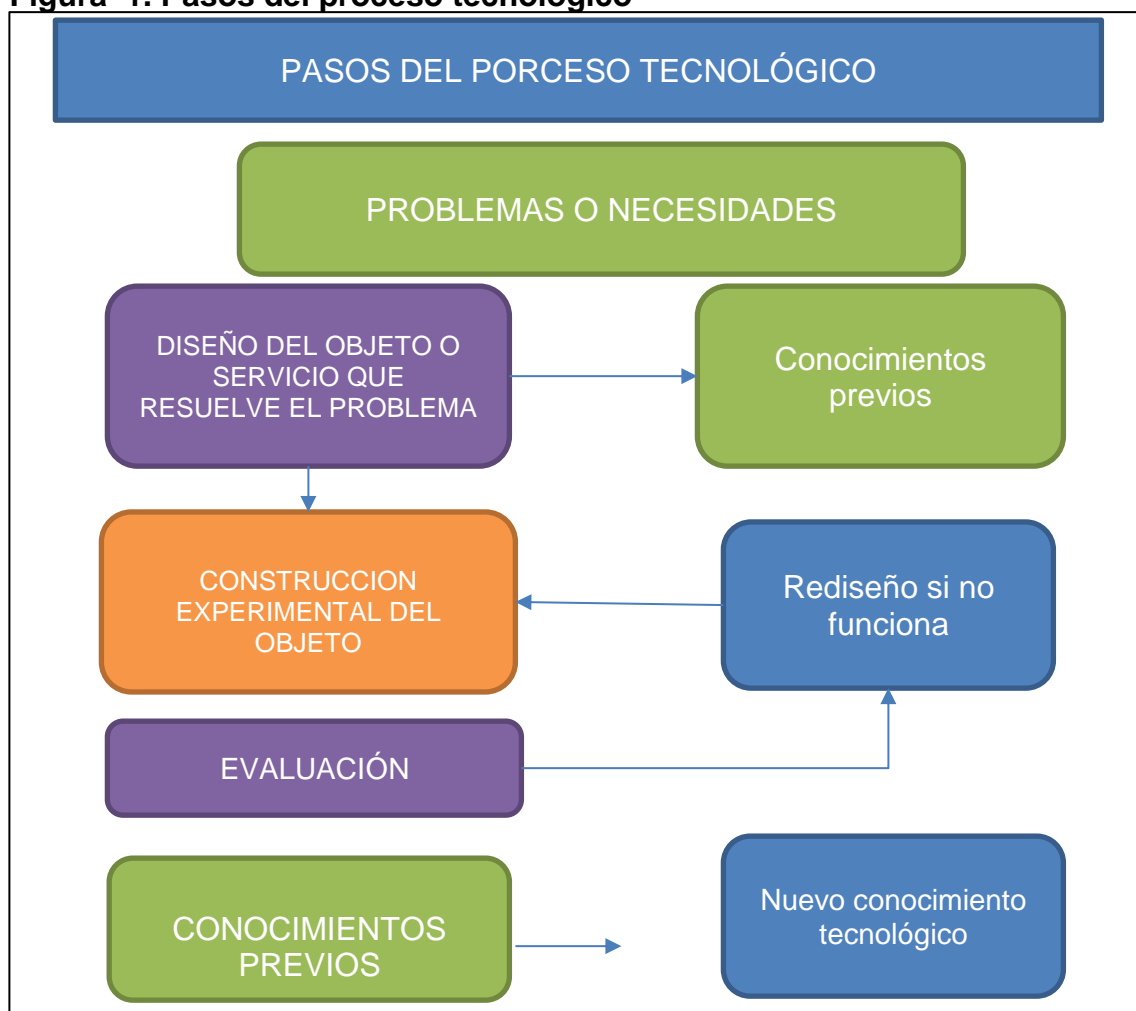
Es simplemente un conjunto de conocimientos que, organizados, promueven acciones que le permiten al hombre resolver problemas y /o satisfacer necesidades. La diferencia en ciencia y tecnología, es que la ciencia, a través del método científico, produce conocimiento que pueden ordenarse en leyes científicas

²⁵ SENSING S.L. 2018. SENSING. [En línea] 2018. [Citado el: 16 de mayo de 2018.] http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-distancia_36/Sensores-de-distancia-l%C3%A1ser_56/.

comprobables. La tecnología produce objetos y servicios propios del mundo artificial. En general, la tecnología se basa en leyes científicas y las aplica para realizar los objetos tecnológicos; pero también se nutre del pensamiento empírico, es decir, la experiencia y la práctica, no necesariamente científicas. Para resolver problemas o responder a demandas de personas, empresas y sociedades, la tecnología da respuestas que están asociadas a diversos sectores en lo que se detectan las demandas individuales y sociales.

Como en todo proceso, para los tecnológicos existen también unos pasos básicos para la resolución de un problema o necesidad, tal como se muestra en la **Figura 1. Pasos del proceso tecnológico.**

Figura 1. Pasos del proceso tecnológico



Fuente: FUENTES, ALBERTO. 2005. Tecnología y ciencia. Uruguay: Cultural Librería Americana S.A., 2005. págs. 12-14. ISBN: 9974-7810-0-0.
Las tecnologías se pueden dividir, según su método de producción, en tecnología dura y tecnología blanda.

Tecnología Dura:

El objetivo es transformar la materia para producir objetos o artefactos. Se puede dividir en: producción de objetos en base a procesos químicos y/o biológicos. Se encuentran en la producción de energía, tecnología nuclear, agropecuaria y biotecnología; esfuerzo físico del obrero, uso de herramientas, uso de máquinas, organización de la producción, automatización, dispositivos mecánicos, dispositivos automáticos (uso de sensores electrónicos, informáticos/robóticos) y sistemas integrados de fabricación.

Tecnología Blanda:

Gestionables: en donde el producto no es un objeto sino el mejoramiento de instrucciones u organizaciones para cumplir determinados objetivos. Las organizaciones que las aplican son empresas industriales, comerciales y/o de servicios. Estas tecnologías desarrollan como conocimientos y habilidades asociadas a la creación y la innovación. Entre sus ramas se destacan: administración, organización, contabilidad, operaciones de producción, logística de producción, estadística, desarrollo del software.²⁶

10.1.12 Tiempo Real.

La palabra tiempo significa que el correcto funcionamiento del sistema, depende no solo del resultado lógico sino también depende del tiempo en que se produce un cambio o un resultado. Y la palabra real dentro de los sistemas se refiere a la reacción que esta tiene a eventos externos que se realizan durante su funcionamiento. En otras palabras se puede decir tiempo real a recibir un dato, información, en el menor tiempo posible.²⁷

10.1.13 Conexión WIFI.

El término según la Real Academia Española – RAE indica que wifi es un sistema de conexión inalámbrica, dentro de un área determinada, entre dispositivos electrónicos, y frecuentemente para acceso a internet.²⁸

Esta conexión es posible gracias al uso de radiofrecuencias e infrarrojos, empleados para la transmisión de información. Este hecho se traduce, en una limitación, el usuario deberá encontrarse dentro de un alcance específico de cobertura para poder disfrutar de la señal. Generalmente, ese radio varía entre los 5 y los 150 metros de distancia con respecto al aparato emisor de dicha señal. Para el funcionamiento se requiere, necesariamente de un router, éste, que está conectado

²⁶FUENTES, ALBERTO. 2005. Tecnología y ciencia. Uruguay: Cultural Librería Americana S.A., 2005. págs. 12-14. ISBN: 9974-7810-0-0.

²⁷ 2009. Esamuelm's Blog. [En línea] 15 de enero de 2009. [Citado el: 27 de abril de 2018.] <https://esamuelm.wordpress.com/2009/01/15/%C2%BFque-es-tiempo-real/>.

²⁸ RAE. 2018. Diccionario de la Real Lengua Española. Real Academia Española. [En línea] 2018. <http://dle.rae.es>.

a Internet a través de un cable, es el encargado de distribuir la conexión a los distintos dispositivos de una misma red de manera inalámbrica.²⁹

10.2 MARCO TEÓRICO

10.2.1 Teoría General de Sistemas.

Para establecer una relación con algo que nos es más cercano podemos recurrir a la comparación con el enfoque analítico. En él, se pretende desmenuzar la totalidad para estudiar los elementos por separado, aislando interacciones y componentes del resto del todo que forman. Por el contrario, el enfoque sistémico intenta englobar la totalidad de los elementos del sistema estudiado, así como las interacciones e interdependencias entre ellos. Por sistema se entiende un conjunto de elementos en interacción y se intenta investigar las invariantes que existen en la interacción de elementos. Esto no es lo mismo que intentar aplicar en otro las conclusiones extraídas para un sistema o de intentar que lo que es válido para un nivel de complejidad lo sea para otro. Esas invariantes son principios generales, estructuras y funcionamiento común a todos los sistemas.

Si seguimos los consejos de algún sistemista entusiasta podríamos remontarnos muy atrás buscando precursores a la idea de sistema. Ludwig von Bertalanffy, considerado como el padre de la Teoría General de Sistemas... menciona a Aristóteles como el primero que formuló el aserto sistémico fundamental: "el todo es más que la suma de las partes" [Bertalanffy, 1975, p.137].

El enfoque sistémico se confunde a menudo con alguna de estas teorías, principalmente con la Cibernética y con la Teoría General de Sistemas [Rosnay, 1975]. La principal diferencia con la Cibernética es que el enfoque sistémico es mucho más general y la engloba. Mientras la cibernética es la ciencia del control y la regulación, el enfoque sistémico se ocupa de las características invariantes que existen en los sistemas, aunque no cabe duda de que los conceptos cibernéticos son de primordial importancia para entender cierto tipo de sistemas. La diferencia con la Teoría General de Sistemas es quizá más sutil pero también importante. La T.G.S. (así nos referiremos a ella a partir de ahora) pretende establecer un formalismo matemático para describir el conjunto de sistemas que existen en la naturaleza. El enfoque sistémico propone una forma de ver las cosas pero no una visión tan estricta con la de la T.G.S.³⁰

10.2.2 Teoría de Buques.

Entendemos por buque todo flotador, resistente y estanco, capaz de recobrar por sí mismo la posición de equilibrio y de desplazarse con facilidad y garantías de

²⁹ 2017. ValorTop S.L. [En línea] 5 de diciembre de 2017. [Citado el: 23 de marzo de 2018.] <http://www.valortop.com/blog/que-es-wifi-que-significa-y-para-que-sirve>.

³⁰ ACAS, FERNANDO SAENZ. 1992. Historia del Enfoque sistémico. Complejidad y tecnologías de la información. Madrid: s.n., 1992.

seguridad o bien de mantenerse estacionario. Para poder obtener el máximo rendimiento de un buque, no solo en circunstancias normales sino también en mal tiempo y en situaciones de emergencia, es preciso conocer su estructura, sus formas, sus dimensiones, su resistencia y las cualidades y los que en el producen las fuerzas a que se encuentra sometido, procedentes del medio que le rodean (agua y viento) y del propio buque debidas a la propulsión.³¹

Dentro de las principales características de los buques también se encuentra:

- **ARQUEO:** Las dimensiones principales del buque, eslora, manga, etc. No son suficientemente definitorias de la importancia del buque, para este objeto, se ha considerado mucho más importante la definición de la capacidad del buque para transporte (carga o pasajeros) de acuerdo con esta premisa se fijaron reglamentos para determinar el arqueo como una definición del tamaño económico del buque. Ver **Ilustración 5. Arqueo.**

Ilustración 5. Arqueo



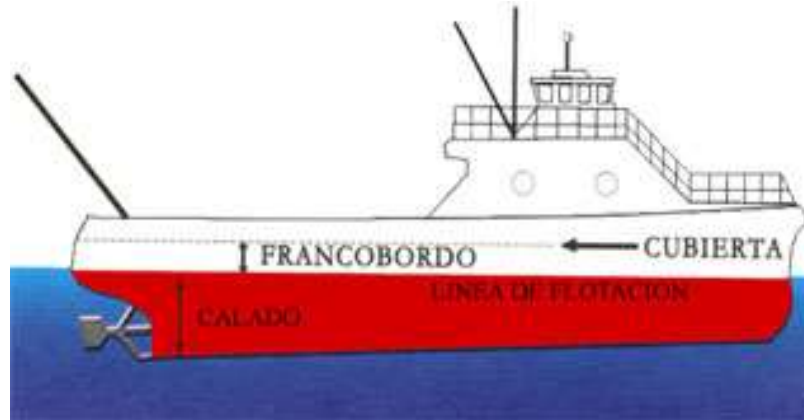
Fuente: 02 curso apeseg parte 2 tipos de buques navegabilidad, En Línea: <https://es.slideshare.net/RamonVelascoStoll/02-curso-apeseg-parte-2-tipos-de-buques-navegabilidad>

- **FRANCOBORDO:** La razón de ser del francobordo, es la seguridad del buque, el armador puede cargarlo en exceso, lo que significaría su flotabilidad. Ver
-
- Ilustración 6. Francobordo. Las autoridades marítimas mediante sus reglamentos impusieron limitaciones a estos excesos, la línea de francobordo, señala el calado máximo autorizado para los buques.³²

³¹ VÁSQUEZ, JOSÉ ANTONIO y VEGA, FRANCISCO. 2003. LOS BUQUES. Madrid: Carroggio, S.A, 2003. ISBN 13: 9788472549623. Pag. 9-20

³² VÁSQUEZ, JOSÉ ANTONIO y VEGA, FRANCISCO. 2003. LOS BUQUES. Madrid: Carroggio, S.A, 2003. ISBN 13: 9788472549623. Pag. 9-20

Ilustración 6. Francobordo

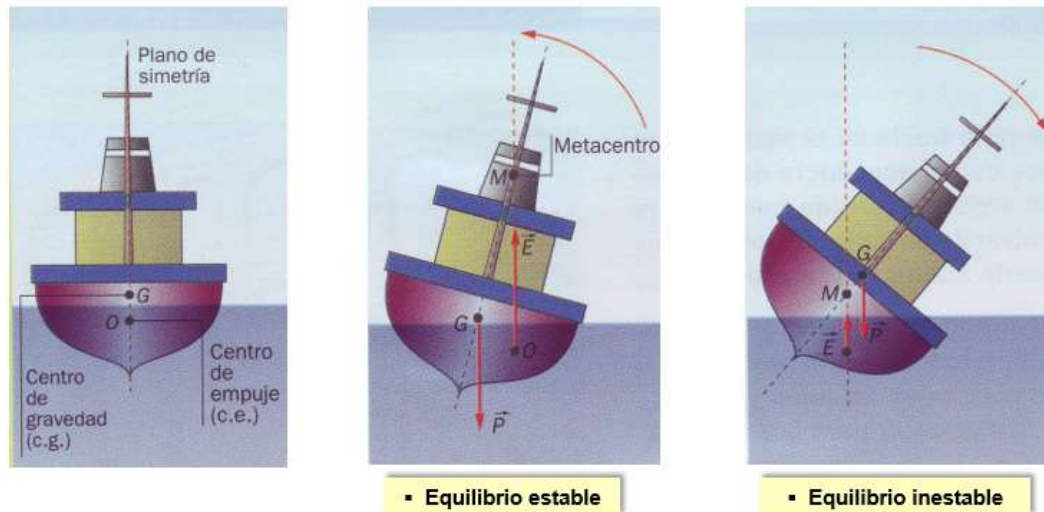


Fuente: Secretaria de Comunicaciones y Transporte, gob.mx En línea:
<http://www.sct.gob.mx/fileadmin/CGPMM/biblioteca/html/segpesq/capitulo1/cap1p11.htm>

- **CÁLCULOS HIDROSTÁTICOS:** A partir de las formas del buque es necesario calcular si las dimensiones y formas adoptadas son correctas y responden a lo que se solicita del buque. El primer método aproximado es el de los trapecios. El área total se subdivide uniformemente en longitudes iguales o rebanadas, siendo la altura en cada subdivisión a la altura de la curva original, los trapecios permiten realizar todos los cálculos necesarios y luego integrarlos.²³
- **FLOTABILIDAD:** Se sabe por el principio de Arquímedes que todo cuerpo, parcial o totalmente sumergido, experimenta un empuje de abajo a arriba igual al peso del volumen de agua que desaloja. Este empuje, resultante de las presiones que el líquido ejerce sobre todos los puntos del cuerpo sumergido, tiene su punto de aplicación en el centro de gravedad del volumen sumergido, y se denomina <centro de empuje> o <de carena>. Así, se deduce que para que los buques floten es necesario que su peso total sea inferior al de un volumen de agua igual al volumen exterior del barco, pues solo si se cumple este requisito al sumergirse en el agua, llegará un momento en el que el peso y el empuje se anulen, es decir sean iguales y de sentido contrario hasta quedar el buque en equilibrio.³³ Ver **Ilustración 7. Flotabilidad.**

³³ VÁSQUEZ, JOSÉ ANTONIO y VEGA, FRANCISCO. 2003. LOS BUQUES. Madrid: Carroggio, S.A, 2003. ISBN 13: 9788472549623. Pag. 9-20

Ilustración 7. Flotabilidad



- Cuanto más bajo esté situado el centro de gravedad, c.g., más estable será el equilibrio.
- Es suficiente con que el c.g. esté por debajo del c.e., y en la misma vertical, si no es así
- ... la línea de acción del empuje tiene que cortar al eje de simetría del barco por encima del c.g.

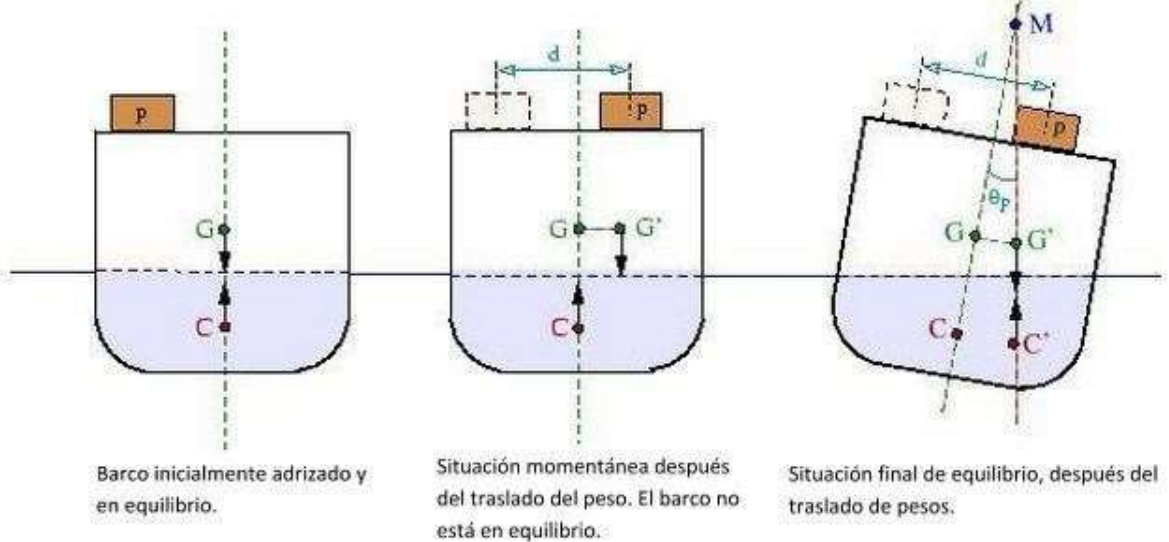
Fuente: FYQ 4.º ESO: Curso 2012/13 Tema 3 Estática de fluidos, Prof: Eduardo Eisman. En línea: <http://slideplayer.es/slide/11201612/>

- **ESTABILIDAD:** Para que un buque este equilibrado es preciso que los puntos de aplicación-centros de gravedad y de carena- de las fuerzas aplicadas (peso y empuje) estén en la misma vertical, pues en otro caso se formaría un par de fuerzas que imprimiría al buque un movimiento de rotación que continuaría hasta que dichos puntos estuviesen en la posición indicada, es decir, se encontrasen en la misma vertical. Ver **Ilustración 8. Estabilidad.**

Al tratarse de un buque, este par de fuerzas debe tender a enderezar cuando sea separado de su posición vertical, propiedad que se conoce con el nombre de <estabilidad>. Además del peso y el empuje las relaciones que existen entre las fuerzas que actúan sobre el buque y las inclinaciones a que da lugar; ello es objeto de la estabilidad estática, mientras que la estabilidad dinámica se ocupa de determinar el trabajo efectuado por esas fuerzas.

En el estudio de la estabilidad estática se distinguen dos casos: que la inclinación del buque tenga lugar alrededor de un eje paralelo al plano longitudinal, lo que da lugar a escoras transversales o balanzas. Se llama estabilidad dinámica al trabajo que hay que realizar en un medio en calma y supuesto no resistente, es decir, suponiendo un fluido perfecto, para llevar el buque de una inclinación dada a otra, en un plano de inclinación invariable y una velocidad final nula.

Ilustración 8. Estabilidad



Fuente: Instituto andaluz de navegación, En línea: <http://institutoandaluzdenavegacion.com/estabilidad-transversal-mejor-escuela-nautica-sevilla/patron-de-yate-seguridad-en-la-mar-ian/>

El Canal de Panamá permite el ingreso de diferentes tipos de buques siempre y cuando cuenten con las dimensiones apropiadas para su ingreso y movilidad en las esclusas, se deben contemplar en el desarrollo del sistema de alineación las características en cada escenario con el fin de prestar la misma calidad de servicio.

10.2.3 Teoría de las Esclusas.

Las esclusas son obras hidráulicas que permiten vencer desniveles concentrados en Canales navegables, elevando o descendiendo los navíos que se encuentran en ellas. Pueden formar parte de las estructuras complementarias de una presa, cuando ésta se construye sobre ríos navegables. El cruce de una esclusa es una operación bastante lenta; puesto que hay que equilibrar los niveles de agua, primero con el tramo de Canal donde se encuentra el navío y luego con el otro nivel hacia el que saldrá el navío.³⁴

Para el sistema tecnológico de alineación, las esclusas juegan un papel importante, en su estructura se deben instalar los sensores y demás componentes del sistema que permiten monitorear la proximidad de los buques con relación a las paredes, cada juego de esclusas tiene sus diferencias, pero el objetivo de medición es el mismo para todas.

³⁴ FOMENTO, MINISTERIO DE. 2018. Apalmeria. Apalmeria. [En línea] 25 de 04 de 2018. [Citado el: 25 de abril de 2018.] http://www.apalmeria.com/images/stories/file/Empleo/OficialDeObrasYMantenimiento02_2014/NIV EL2_Documentaci%C3%B3n_INFRAESTRUCTURAS.pdf.

10.2.4 Teoría de la Alineación.

Esta teoría está constituida de acuerdo a las siguientes características de alineación:

- La menor extensión del Canal.
- La necesidad de evitar obstáculos o áreas de aumento de ellos que resulte difícil o muy caro remover.
- Vientos, olas y corrientes prevalecientes.
- Evitar curvas en proximidades de la entrada a puerto.

Las márgenes del Canal no deberán ser menores de 2,5 veces la manga del buque de diseño para cualquier buque atracado o la circunferencia de borneo de un buque anclado.

Finalmente, el buque deberá ser capaz de usar el Canal sin ayudas, puede haber ocasiones en que se considere prudente asistir al buque en parte de su tránsito con remolcadores. Esto puede ocurrir cuando el buque tenga que disminuir velocidad en las proximidades de un muelle donde los remolcadores podrán requerirse para mantener su rumbo y asistirlo en la maniobra final de disminución de velocidad o detención y se estudia habitualmente usando simuladores de maniobra.³⁵

10.2.5 Protocolo de Comunicación Inalámbrica IEEE 802.11.

Para la conexión de los diferentes dispositivos es necesario de una red que permita el acceso al sistema de una forma ágil y sencilla, la mejor alternativa para este fin es una conexión de red inalámbrica y se propone que esta sea distribuida uniformemente bajo el protocolo de comunicación de alta velocidad.

El estándar 802.11 establecido por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) y publicado en 1997, propone la conectividad por medio de infrarrojo y define sus velocidades teóricas, sin embargo este protocolo no tuvo suficiente aceptación, condiciones ambientales, de estabilidad entre otras debilidades fueron corregidas en el estándar 802.11b, que fue el primero de esta familia en alcanzar amplia aceptación entre los consumidores.³⁶

10.2.5.1 IEEE 802.11a

La revisión 802.11a fue aprobada en 1999. Este estándar utiliza el mismo juego de protocolos de base que el estándar original, opera en la banda de 5 GHz y utiliza 52 sub-portadoras de acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales con una

³⁵ PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION OF NAVIGATION CONGRESSES. 1992. CANALES DE ENTRADA - DISEÑO DE CANALES. [En línea] 1992. [Citado el: 29 de enero de 2018.] <http://www.maniobradebuques.com/pdf/articulos/Canales.pdf>.

³⁶ IEEE. 2018. IEEE Standards Association. [En línea] 2018. [Citado el: 27 de octubre de 2017.] <http://standards.ieee.org/>.

velocidad máxima de 54 Mbit/s, lo que lo hace un estándar práctico para redes inalámbricas con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbit/s. La velocidad de datos se reduce a 48, 36, 24, 18, 12, 9 o 6 Mbit/s en caso necesario. Dado que la banda de 2,4 GHz es muy utilizada hasta el punto de estar llena de gente, la utilización de la relativamente inusitada banda de 5 GHz da una ventaja significativa a 802.11a. Sin embargo, esta alta frecuencia portadora también presenta una desventaja: En teoría, las señales 802.11a son absorbidas más fácilmente por paredes y otros objetos sólidos en su trayectoria debido a su longitud de onda más pequeña, y, como resultado, no pueden penetrar hasta los de 802.11b. También sufre de interferencia, pero localmente puede haber menos señales para interferir, resultando en menos interferencia y mejor rendimiento. 802.11a tiene 12 Canales sin solapamiento, 8 para red inalámbrica y 4 para conexiones punto a punto. No puede inter-operar con equipos del estándar 802.11b, excepto si se dispone de equipos que implementen ambos estándares.³⁷

10.2.5.2 IEEE 802.11b

El estándar de conexión inalámbrica 802.11b tiene una velocidad máxima de transmisión de 11 Mbps y utiliza el mismo método de acceso definido en el estándar original. El estándar 802.11b funciona en la banda de 2.4 GHz. Debido al espacio ocupado por la codificación del protocolo CSMA/CA, en la práctica, la velocidad máxima de transmisión con este estándar es de aproximadamente 5,9 Mbit/s sobre TCP y 7,1 Mbit/s sobre UDP. Los productos que usan esta versión aparecieron en el mercado a principios del 2000, ya que 802.11b es una extensión directa de la técnica de modulación definida en la norma original. El aumento dramático del rendimiento de 802.11b y su reducido precio llevó a la rápida aceptación de 802.11b como la tecnología de LAN inalámbrica definitiva. Los dispositivos que utilizan 802.11b pueden experimentar interferencias con otros productos que funcionan en la banda de 2,4 GHz.²⁶

10.2.5.3 IEEE 802.11g

Es la evolución de 802.11b se certificó en junio de 2003. Este utiliza la banda de 2,4Ghz (al igual que 802.11b) pero opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbit/s, que en promedio es de 22,0 Mbit/s de velocidad real de transferencia, similar a la del estándar 802.11a. Es compatible con el estándar b y utiliza las mismas frecuencias. Sin embargo, en redes bajo el estándar g la presencia de nodos bajo el estándar b reduce significativamente la velocidad de transmisión. Los equipos que trabajan bajo el estándar 802.11g llegaron al mercado muy rápidamente, incluso antes de su ratificación, esto se debió en parte a que para construir equipos bajo este nuevo estándar se podían adaptar los ya diseñados para el estándar b. Actualmente se venden equipos con esta especificación, con potencias de hasta

³⁷ IEEE. 2018. IEEE Standards Association. [En línea] 2018. [Citado el: 27 de octubre de 2017.] <http://standards.ieee.org/>.

medio vatio, que permite hacer comunicaciones de más de 50 km con antenas parabólicas o equipos de radio apropiados.³⁸

10.2.5.4 IEEE 802.11n

El IEEE anunció el desarrollo de una nueva revisión del estándar 802.11, en la que la velocidad real de transmisión llegaría a los 600 Mbps, sería hasta diez veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g, y unas cuarenta veces más rápida que una red bajo el estándar 802.11b. También, el alcance de operación de las redes sería mayor con este nuevo estándar gracias a la tecnología MIMO (Multiple Input – Multiple Output), que permite utilizar varios Canales a la vez para enviar y recibir datos gracias a la incorporación de tres (3) antenas. A diferencia de las otras versiones de Wi-Fi, 802.11n puede trabajar en dos bandas de frecuencias: 2,4 GHz y 5 GHz. Gracias a ello, 802.11n es compatible con dispositivos basados en todas las ediciones anteriores de conexión inalámbrica. Una de las ventajas es que trabaje en la banda de 5 GHz, que está menos congestionada por su alto rango y poco uso. Todas las versiones de 802.11xx, aportan la ventaja de ser compatibles entre sí, de forma que el usuario no necesitará nada más que su adaptador Wi-Fi integrado, para poder conectarse a la red.

La mayor parte de los fabricantes ya incorpora a sus líneas de producción equipos Wi-Fi 802.11n, por este motivo la oferta ADSL, ya suele venir acompañada con este estándar, como novedad en el mercado de usuario doméstico, a futuro, el estándar sustituto de 802.11n será 802.11ac con tasas de transferencia superiores a 1 Gb/s.²⁷

10.2.5.5 Canales y Frecuencias

Los identificadores de Canales, frecuencias centrales, y dominios reguladores para cada Canal usado por 802.11b y 802.11g:³⁹

Tabla 1. Canales y estándares 802.11b y 802.11g

Identificador de Canal	Frecuencia en MHz	Dominios Reguladores				
		América (-A)	EMEA (-E)	Israel (-I)	China (-C)	Japón (-J)
1	2412	x	x	—		x
2	2417	x	x	—	x	x

Identificador de Canal	Frecuencia en MHz	Dominios Reguladores				
		América (-A)	EMEA (-E)	Israel (-I)	China (-C)	Japón (-J)
3	2422	x	x	x	x	x
4	2427	x	x	x	x	x

³⁸ IEEE. 2018. IEEE Standards Association. [En línea] 2018. [Citado el: 27 de octubre de 2017.] <http://standards.ieee.org/>.

³⁹ IEEE. 2018. IEEE Standards Association. [En línea] 2018. [Citado el: 27 de octubre de 2017.] <http://standards.ieee.org/>.

Identificador de Canal	Frecuencia en MHz	Dominios Reguladores				
		América (-A)	EMEA (-E)	Israel (-I)	China (-C)	Japón (-J)
5	2432	x	x	x	x	x
6	2437	x	x	x	x	x
7	2442	x	x	x	x	x
8	2447	x	x	x	x	x
9	2452	x	x	x	x	x

Identificador de Canal	Frecuencia en MHz	Dominios Reguladores				
		América (-A)	EMEA (-E)	Israel (-I)	China (-C)	Japón (-J)
10	2457	x	x	—	x	x
11	2462	x	x	—	x	x
12	2467	—	x	—	—	x
13	2472	—	x	—	—	x
14	2477	—	—	—	—	x

Los identificadores de Canales, frecuencias centrales, y dominios reguladores para cada Canal usado por IEEE 802.11a:⁴⁰

Tabla 2. Canales y estándares 802.11a

Identificador de Canal	Frecuencia en MHz	Dominios Reguladores				
		América (-A)	EMEA (-E)	Israel (-I)	China (-C)	Japón (-J)
34	5170	—	—	—	—	x
36	5180	x	x	x	—	x
38	5190	—	—	—	—	x
40	5200	x	x	x	—	x
42	5210	—	—	—	—	x
44	5220	x	x	x	—	x
46	5230	—	—	—	—	x
48	5240	x	x	x	—	x

Identificador de Canal	Frecuencia en MHz	Dominios Reguladores				
		América (-A)	EMEA (-E)	Israel (-I)	China (-C)	Japón (-J)
52	5260	x	—	—	x	x
56	5280	x	—	—	x	x
60	5300	x	—	—	x	x
64	5320	x	—	—	x	x
149	5745	—	—	—	—	x
153	5765	—	—	—	—	x
157	5785	—	—	—	—	x
161	5805	—	—	—	—	x

⁴⁰ IEEE. 2018. IEEE Standards Association. [En línea] 2018. [Citado el: 27 de octubre de 2017.] <http://standards.ieee.org/>.

10.2.6 Fases del Desarrollo de Software.

En principio, el ciclo de vida de un proyecto software incluye todas las acciones que se realizan sobre él desde que se especifican las características que debe tener, hasta que se mantiene en operación. A veces (aunque no será éste nuestro caso) se incluyen en el ciclo de vida las modificaciones que pueden realizarse al sistema para adaptarse a nuevas especificaciones.

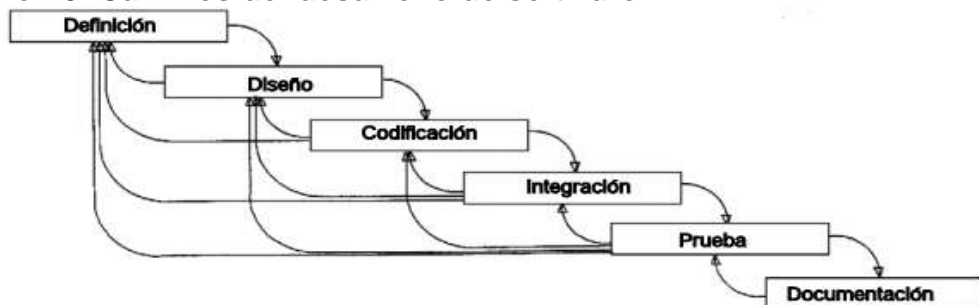
Cualquier sistema de información va pasando por una serie de fases a lo largo de su vida. Su ciclo de vida comprende una serie de etapas entre las que se encuentran las siguientes:

- Definición (análisis de los requerimientos software).
- Diseño (podría dividirse en preliminar y detallado).
- Codificación.
- Integración.
- Prueba.
- Documentación.

Ver **Ilustración 9. Caminos del desarrollo de software.**

Se desarrollarían una tras todas las fases otra, exceptuando las dos últimas, la prueba podría realizarse después de la codificación y también luego de la integración. De igual forma la documentación, puede irse realizando a lo largo de todo el proceso.⁴¹

Ilustración 9. Caminos del desarrollo de software



Fuente: VACAS, FERNANDO SAENZ. 1992. Historia del Enfoque sistémico. Complejidad y tecnologías de la información. Madrid: s.n., 1992.

⁴¹ VACAS, FERNANDO SAENZ. 1992. Historia del Enfoque sistémico. Complejidad y tecnologías de la información. Madrid: s.n., 1992.

10.2.7 Fases de Desarrollo de Simulaciones CAD/CAM/CAE.

Cuando alguien tiene la responsabilidad de conducir un sistema dado, como, por ejemplo: un banco, una ciudad, un sistema de transporte, etc., debe tomar continuamente decisiones acerca de las acciones que ejecutará sobre el sistema. Estas decisiones deben ser tales que la conducta resultante del sistema satisfaga de la mejor manera posible los objetivos planteados. Para poder decidir correctamente es necesario saber cómo responderá el sistema ante una determinada acción. Esto podría hacerse por experimentación con el sistema mismo; pero factores de costos, seguridad y otros hacen que esta opción generalmente no sea viable.⁴²

A fin de superar estos inconvenientes, se reemplaza el sistema real por otro sistema que en la mayoría de los casos es una versión simplificada. Este último sistema es el modelo a utilizar para llevar a cabo las experiencias necesarias sin los inconvenientes planteados anteriormente. Al proceso de experimentar con un modelo se denomina simulación. Al proceso de diseñar el plan de experimentación para adoptar la mejor decisión se denomina optimización. Si el plan de experimentación se lleva a cabo con el solo objeto de aprender a conducir el sistema, entonces se denomina entrenamiento o capacitación.³⁴

El termino CAD se puede definir como el uso de sistemas informáticos en la creación, modificación, análisis u optimización de un producto. Dichos sistemas informáticos constarían de un hardware y un software.

El termino CAM se puede definir como el uso de sistemas informáticos para la planificación, gestión y control de las operaciones de una planta de fabricación mediante una interfaz directa o indirecta entre el sistema informático y los recursos de producción.

Ver **Ilustración 10. Supervisión y control.**

Así pues, las aplicaciones del CAM se dividen en dos categorías:

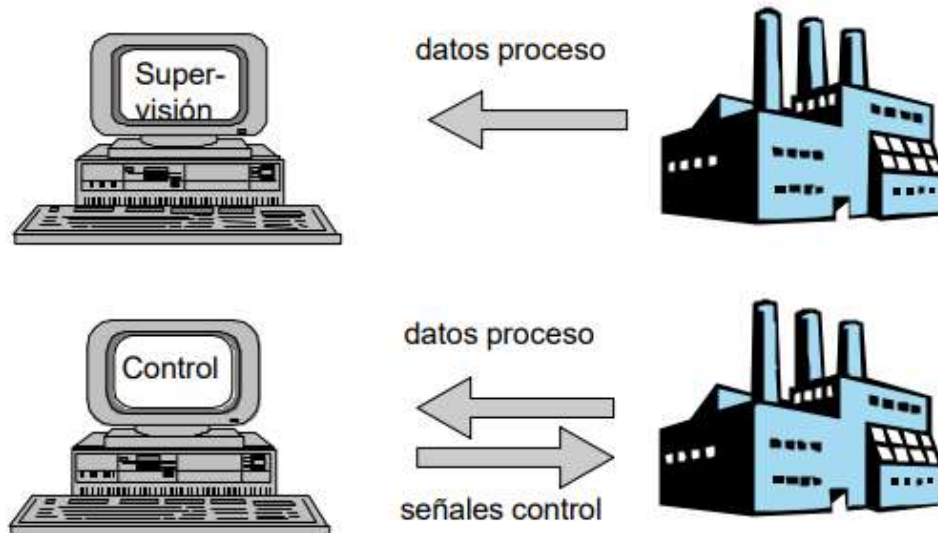
Interfaz directa: Son aplicaciones en las que el ordenador se conecta directamente con el proceso de producción para monitorizar su actividad y realizar tareas de supervisión y control. Así pues estas aplicaciones se dividen en dos grupos:⁴³

- **Supervisión:** implica un flujo de datos del proceso de producción al computador con el propósito de observar el proceso y los recursos asociados y recoger datos.
- **Control:** supone un paso más allá que la supervisión, ya que no solo se observa el proceso, sino que se ejerce un control basándose en dichas observaciones.

⁴² TARIFA, ENRIQUE EDUARDO. Teoría de Modelos y Simulación. [En línea] [Citado el: 17 de abril de 2018.] http://www.econ.unicen.edu.ar/attachments/1051_TecnicasII/Simulacion.pdf.

⁴³ ALBARRÁN LIGERO, JUSTO. 2013. INTRODUCCIÓN AL CAD/CAM. [En línea] febrero de 2013. [Citado el: 7 de abril de 2018.] <https://lenguajedeingenieria.files.wordpress.com/2013/02/introduccion3b3n-al-cad-cam.pdf>.

Ilustración 10. Supervisión y control



Fuente: ALBARRÁN LIGERO, JUSTO. 2013. INTRODUCCIÓN AL CAD/CAM. [En línea] febrero de 2013. [Citado el: 7 de abril de 2018.] <https://lenguajedeingenieria.files.wordpress.com/2013/02/introduccion-al-cad-cam.pdf>.

Interfaz indirecta: Se trata de aplicaciones en las que el ordenador se utiliza como herramienta de ayuda para la fabricación, pero en las que no existe una conexión directa con el proceso de producción.

Los fundamentos de los sistemas de Diseño y fabricación asistidos por ordenador son muy amplios, abarcando múltiples y diversas disciplinas, entre las que cabe destacar las que se muestran en la **Ilustración 11. Componentes del CAD/CAM.**

Ilustración 11. Componentes del CAD/CAM



Fuente: ALBARRÁN LIGERO, JUSTO. 2013. INTRODUCCIÓN AL CAD/CAM. [En línea] febrero de 2013. [Citado el: 7 de abril de 2018.] <https://lenguajedeingenieria.files.wordpress.com/2013/02/introducccic3b3n-al-cad-cam.pdf>.

Los sistemas destinados para tal fin contienen las herramientas suficientes para generar un escenario similar para el sistema de esclusas y con esto, la representación del sistema de alineación y sus componentes.

CAD/CAM Systems:

- FreeMill
- PyCAM
- HeeksCNC
- CncSimple
- SharpCAM
- ProFold

10.3 MARCO GEOGRÁFICO

Panamá, ubicado al sureste de América central, al norte limita con el mar Caribe, al sur con el océano Pacífico, al este con Colombia y al oeste con Costa Rica, así como se muestra en la **Ilustración 12. Ubicación de Panamá**.

Ilustración 12. Ubicación de Panamá



Fuente: MapaMundial.co, en línea: <http://mapamundial.co/m/mapadePanama>

La propuesta del sistema tecnológico es diseñada principalmente para las esclusas de Cocolí, ver **Ilustración 13. Canal de Panamá, Cocolí**, agua Clara, siendo estas el nuevo juego de esclusas del Canal de Panamá, pero es aplicable a los demás juegos de esclusas clásicos, en Miraflores, Pedro Miguel y Gatún.

Ilustración 13. Canal de Panamá, Cocolí



Fuente: Mi Canal de Panamá, en línea: <https://miCanaldepanama.com/ampliacion/fotos>

10.4 MARCO DEMOGRÁFICO

Este sistema es diseñado para el equipo de logística encargado de la maniobra de los buques en su ingreso en las esclusas del Canal, en estas personas reside la responsabilidad del proceso quienes velan por la seguridad y el servicio de tránsito de los clientes del paso interoceánico.

Principalmente está integrado por:

- Capitán Oficial del Buque.
- Encargado temporal que maniobra el buque en la cesión de control.
- Conductores de los remolcadores.
- Equipo de Mantenimiento.
- Equipo de logística.
- Equipo de monitoreo.

10.5 MARCO LEGAL

Actualmente las operaciones de navegabilidad y operaciones del transporte marítimo, se encuentran relacionadas bajo directrices adoptadas y ratificadas por diversos tratados y convenios internacionales de operación entre Estados contratantes como es el caso del Organismo Internacional Marítima - OMI, organismo especializado de las Naciones Unidas que promueve la cooperación entre Estados y la industria de transporte para mejorar la seguridad marítima y para prevenir la contaminación marina⁴⁴, con el ánimo de reglamentar la actividad naviera y poder así establecer características y responsabilidades civiles y contractuales. El ejercicio de la navegación marítima es tan antiguo como complejo y hoy día es fundamentado y aceptado a través del consentimiento de voluntades entre naciones, quienes se obligan entre sí a cumplir con estos convenios en caso de ser necesario y salvar una serie de contingencias al momento de hacer uso de sus derechos comerciales de operación marina. Para el caso en concreto, es preciso abordar las principales normas objetivas que en principio tienen injerencia en la consecución de este proyecto.

Para este contexto legal que es el interés particular, es necesario citar una serie de normas y parámetros internacionales que versan sobre la operabilidad, navegabilidad y los servicios en puerto, que, inciden directamente en la responsabilidad derivada entre las naves y el personal de tierra que atiende la

⁴⁴ INTERNACIONAL, DICCIONARIO. 2018. Diccionario Internacional. [En línea] agosto de 2018. [Citado el: 8 de agosto de 2018.] http://diccionario-internacional.com/definitions/?spanish_word=lockage.

maniobra en un momento determinado, particularizando así los pormenores que se puedan presentar como fruto de la asistencia prestada.

Como parte de las características del contrato internacional de transporte marítimo, en el ítem “Documentos de Transporte” donde se especifica las condiciones de realización del transporte, respecto a la nave, como lo es el “*CERTIFICADO INTERNACIONAL DE FRANCOBORDO, da cuenta de la reserva de flotabilidad con la que cuenta la nave, teniendo en cuenta la línea de carga por tanto informa sobre la estabilidad del buque. Así mismo deben llevar a bordo normas o reglas de control de daños, documento relativo a la dotación mínima de seguridad, los certificados o licencias del capitán y de la tripulación, convenio Safety of Life at Sea – SOLAS (Convenio Internacional para la seguridad de la vida humana en el mar)*”⁴⁵

El certificado y el convenio internacional, son de gran importancia para la operación de maniobra que realizan los operadores, puesto que permite tener un respaldo adicional en caso que ocurra un incidente con el navío, independientemente si la torre de control expresa su aval de paso por las esclusas, puesto que exonera de responsabilidades civiles, contractuales, por daños y perjuicios a la integridad de la nave, en el momento de su desplazamiento por las esclusas y que se encuentre bajo el dominio del operador del sistema tecnológico para la alineación de los navíos.

De acuerdo con el Código Internacional para la protección de los buques y de las instalaciones portuarias, se tienen en cuenta para el proyecto del sistema tecnológico de alineación, los siguientes puntos:⁴⁶

- **Numeral 1.** *Generalidades, ítem a – objetivos, “Garantizar la confianza de que se cuenta con medidas de protección marítima adecuadas y proporcionadas”, ítem b – Prescripciones funcionales: Exigir formación, ejercicios y prácticas para garantizar que el personal se familiariza con los planes y procedimientos de protección.*
- **Numeral 2.** *Definiciones, ítem a. “Plan de protección del buque: un plan elaborado para asegurar la aplicación a bordo del buque de medidas destinadas a proteger a las personas que se encuentren a bordo, la carga, las unidades de transporte, las provisiones de a bordo o el buque de los riesgos de un suceso que afecte a la protección marítima”.*

⁴⁵ —. 2018. ONVENIOS Y NORMAS INTERNACIONALES VIGENTES EN EL TRANSPORTE MARÍTIMO. <http://www.academia.edu>. [En línea] 2018. [Citado el: 9 de abril de 2018.]

⁴⁶ GERENCIA, MAR Y. 2011. Mar y Gerencia. TRANSPORTE MARÍTIMO Y AÉREO, CAMBIO CLIMÁTICO Y GERENCIA. [En línea] 2011. [Citado el: 29 de agosto de 2017.] <https://marygerencia.com/1176-2/codigo-internacional-para-la-proteccion-de-los-buques-y-de-las-instalaciones-portuarias-codigo-pbip/>.

- **Numeral 11.** *Oficial de la compañía para la protección marítima, ítem i. “Garantizar una formación adecuada para el personal responsable de la protección del buque”*

Estos numerales, ayudan apalancar el objetivo del sistema tecnológico para la alienación de los buques, dado que las normas internacionales exigen controles que permiten la seguridad del navío como de las instalaciones de los Canales, así como las respectivas capacitaciones para ayudarle al personal del Canal con la utilización de la herramienta tecnológica.

11. ESTADO DEL ARTE

11.1 SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

El Sistema de Posicionamiento Global o GPS, aunque su nombre correcto es NAVSTAR-GPS1, es un sistema global de navegación por satélite que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave. Podemos alcanzar una precisión hasta de centímetros, usando el GPS diferencial, pero lo habitual son unos pocos metros.

La ubicación de las embarcaciones es un aspecto de vital importancia, existen diferentes medios para conocer este parámetro, pero el GPS es de los más reconocidos debido a su gran uso y alcance.

El GPS funciona mediante una red de 27 satélites (24 operativos y 3 de respaldo) en órbita a 20.200 km sobre el globo terráqueo, con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la Tierra. Visión general de satélites en la **Ilustración 14. Satélites GPS.**

Ilustración 14. Satélites GPS



Fuente: GPS.gov, Sistema de Posicionamiento Global, en línea: <https://www.gps.gov/spanish.php>

Cuando se desea determinar una posición, el receptor que se utiliza para ello localiza automáticamente como mínimo tres satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la posición y el reloj de cada uno de ellos. Con base en

estas señales, el aparato sincroniza el reloj del Sistema de Posicionamiento y calcula el retraso de las señales; es decir, la distancia al satélite. Por "triangulación" los tres satélites calculan la posición en que el GPS se encuentra. La triangulación en el caso del Sistema de Posicionamiento Global se basa en determinar la distancia de cada satélite respecto al punto de medición. Conocidas las distancias, se determina fácilmente la propia posición relativa respecto a los tres satélites.⁴⁷

Principio de triangulación:

Es usado para determinar una posición. Consiste en conocer la posición del objeto con respecto a cuatro satélites diferentes, el receptor calcula el tiempo que le ha tardado en llegar la señal emitida por el satélite, y conociendo la velocidad de propagación de la señal, éste determina una circunferencia dentro de la cual se encuentra obligatoriamente el objeto. Si se determina la esfera alrededor de cada satélite, la intersección de todas ellas determina la posición actual del receptor. Por ende, cuantos más satélites disponga obtendrá una mayor precisión.³⁶

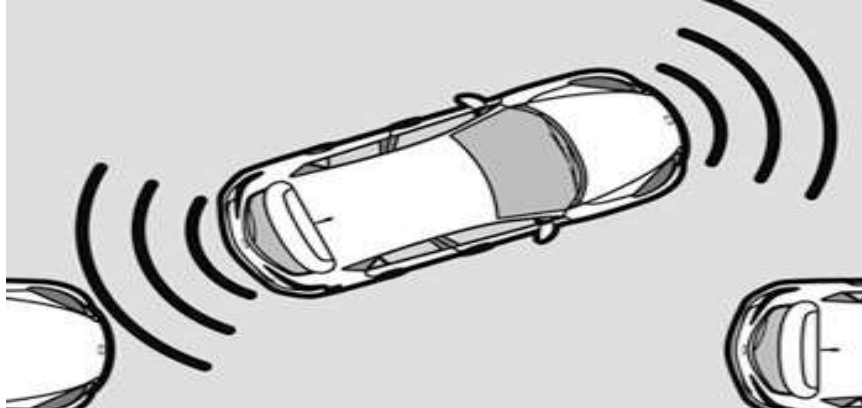
El GPS es necesario en todos los sistemas de transporte del mundo funciona como un sistema de ayuda para la navegación aérea, terrestre y marítima, en el Canal de Panamá este sistema permite conocer la ubicación de los diferentes buques y su avance por el mismo, así determinar relaciones entre distancia y horarios de cruce.

11.1.1 Instrumentos de Medición.

Obtener información de interés es uno de los campos con mayor realce en los últimos años, involucra el uso de sensores que transmitan datos con el fin de integrar estas mediciones a un sistema innovador, consecuentemente minimizando e incluso evitando accidentes. Ver **Ilustración 15. Sensores**. En la actualidad los sistemas de medición en tiempo real ya están siendo utilizados para diferentes procesos, el más reconocido o con mayor aceptación es el sistema de sensores para el estacionamiento de automóviles, el cual está destinado a informar al conductor, mediante una señal acústica a medida que se acerca a un obstáculo. También existe el sistema visual que le permite al usuario ver la proximidad mediante gráficos en una pantalla evidenciando la distancia real con el obstáculo. Estas herramientas de medición son útiles para no depender exclusivamente de factores como la visión o la comunicación con alguien más, de tal forma que se pueda evitar accidentes e incluso reparaciones no planeadas.

⁴⁷ GIMÉNEZ RODRÍGUEZ, TAMARA y ROS BERNABEU, MARÍA ELENA. 2009-2010. Sistema de Posicionamiento Global. [En línea] 2009-2010. [Citado el: 18 de febrero de 2018.] http://webs.um.es/bussos/GPSresumen_TamaraElena.pdf.

Ilustración 15. Sensores



Fuente: Sensores de aparcamiento, Imagen tomada de: <http://sensores-de-aparcamiento.es> en línea, 13 de mayo de 2017.

Existen dos tipos de sistemas de aparcamiento:

Sistemas con sensores de ultrasonidos

Los sensores envían y reciben señales de ultrasonidos y envían los datos recibidos al vehículo para que sean procesados y calcule la distancia al objeto. Cuantos más sensores, más precisa será la medición resultante de todos ellos; un vehículo más ancho y de mayor longitud e incluso peso, precisará de más sensores que uno con menores dimensiones. Una de sus ventajas es que pueden ser instalados en el vehículo posterior a su adquisición.

Sistemas basados en radar

Tienen el mismo principio de medición que los de ultrasonidos, pero usando señales de radar. La ventaja es que no se necesitan sensores adicionales, por las siguientes precisiones:

- Ahorro de costos, complejidad técnica y peso, ya que todos los componentes necesarios están incluidos en el regulador automático de distancia.
- No son necesarios sensores en el parachoques, pues el radar funciona a través de este.
- El sistema es inmune a fuentes de señales ultrasónicas externas.
- No todo son ventajas en este sistema, ya que, en situaciones de mucha lluvia, este tipo de sensores puede en ocasiones reconocer la lluvia que cae al parachoques como un obstáculo, con la consiguiente molestia.

11.2 SISTEMA DE COMUNICACIONES, ADMINISTRACIÓN DE TRÁFICO Y NAVEGACIÓN – CTAN

Son herramienta de navegación que les permite a los usuarios ver el movimiento de las naves a lo largo de la vía acuática en tiempo real, el cual utiliza el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), tal como se muestra en la **Ilustración 16. Rastreo de tráfico**, para rastrear las naves en tránsito y un programa de computadora para mostrar la información.

Ilustración 16. Rastreo de tráfico

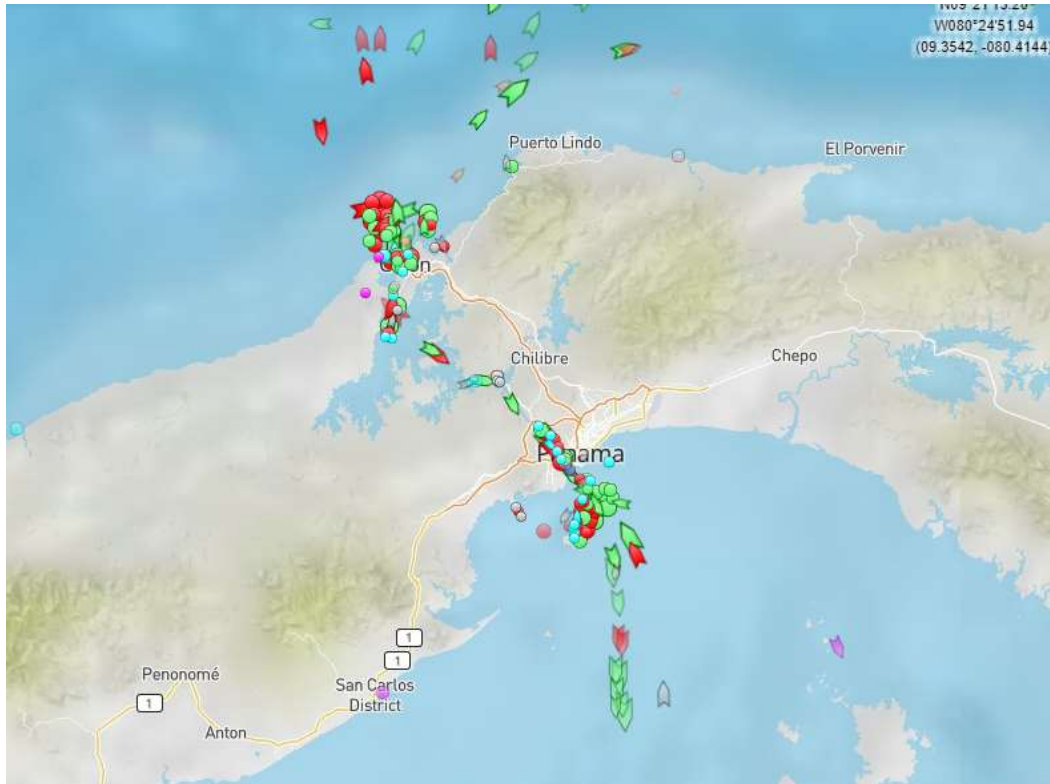


Fuente: Imagen tomada de: <http://miCanaldepanama.com/servicios/Canal-servicios-maritimos/rastreo-de-traffic> en línea, 11 de junio de 2017

El equipo recoge la información sobre la ubicación de la nave, a intervalos de un segundo, con una precisión de un metro, y la envía a una computadora central en el Centro de Control de Tráfico Marítimo vía transmisión de radio frecuencia ultra alta - Ultra High Frequency UHF. Ahí, se integra la información de todas las naves que reportan sus posiciones y se envía nuevamente por medio de señales de radio. Recibiendo un mapa actualizado de la posición de todas las naves en tránsito cada cierta cantidad de segundos. Ver **Ilustración 17. Rastreo en vivo**.

Sin embargo, la información no se limita a sólo un mapa general de las naves en tránsito. El CTAN también muestra la velocidad de los barcos y los usuarios pueden calcular las distancias a la orilla, a otros barcos o a las esclusas y calcular el lugar y hora del encuentro de dos naves permitiendo ver más allá teniendo la capacidad de ver lo que se aproxima. Como resultado, se puede aprovechar cualquier tiempo ahorrado en el horario y podrán programarse para esto, haciendo mucho más eficiente la operación marítima.

Ilustración 17. Rastreo en vivo



Fuente: Imagen tomada de: <https://www.marinetraffic.com/es/ais/home/centerx:-79.8/centery:9.1/zoom:9> Mapa en vivo en línea, 11 de junio de 2017.

12. METODOLOGÍA

12.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El enfoque de la investigación se encuentra en el ámbito descriptivo ya que, se narran hechos, sucesos y actividades que ocurren en los procesos logísticos de la ACP; la información recibida y la cual se manipula es de origen mixto, se tienen en cuenta valores cuantitativos y cualitativos que representan los procedimientos utilizados en la actualidad.

12.2 MÉTODO

Para este desarrollo de la propuesta el método utilizado es el deductivo porque se abordan diferentes temas de forma general y se conduce a la solución de un problema particular, el objetivo es una propuesta que emplea variables que se pueden identificar en los diferentes escenarios de la visita y que permita disminuir los incidentes de alineación en los buques.

La investigación aplicada permite resolver problemas prácticos, en este escenario, el proceso que se realiza actualmente con la alineación de los buques en su ingreso en el Canal de Panamá, de tal modo que se enfoque en la acción y se logre determinar los cambios viables para una correcta manipulación de las embarcaciones; la propuesta está orientado a la toma de decisiones correctivas tempranas con el propósito de mejorar y evitar incidentes.

12.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

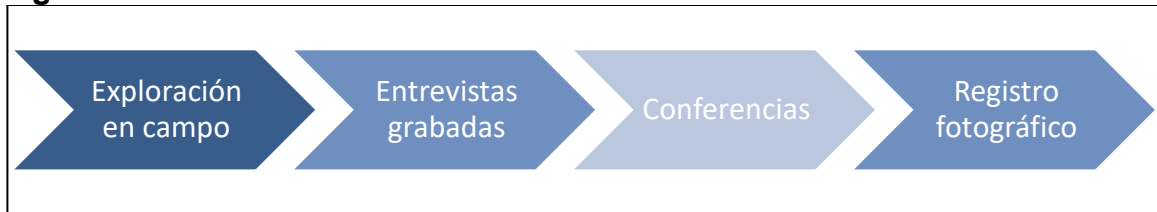
Por tratarse de una metodología experimental en la que hay información de naturaleza mixta, ya que se emplea el método descriptivo y se enfoca el esfuerzo en describir una realidad o un evento con todas las variables principales, también es de explicativa debido a que se relacionan los experimentos o eventos con la causa del problema.

El tiempo desarrollo del trabajo es de tipo sincrónico por ser una indagación de corto plazo; es ejecutada en un periodo de entre seis (6) y diez (10) meses.

Para la recolección de la información requerida, se realiza exploración en campo, entrevistas con grabación de voz a los ingenieros a cargo de la operación, grabación de audio de las conferencias realizadas en la visita a las esclusas del Canal y adicionalmente, registro fotográfico de la infraestructura a la fecha y videos del proceso que realizan los buques por el paso de las esclusas. Ver **Figura 2. Instrumentos**. Otros instrumentos a utilizar para el desarrollo de la propuesta son programas de Software de Simulación y Diseño de estructuras que permitan obtener

las mejores relaciones entre la propuesta y la realidad, cuyo objetivo es presentar la solución desarrollada.

Figura 2. Instrumentos



Fuente: RIAÑO VALDÉS, David Eduardo, MATALLANA SANTIAGO, Susana.

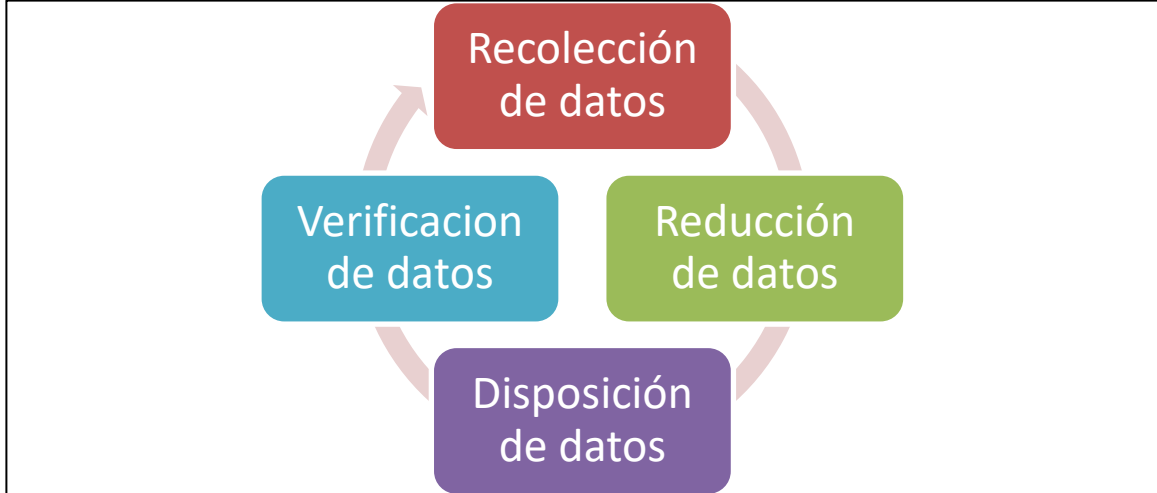
12.4 RECOLECCIÓN DE DATOS

La fase de recolección de los datos o fuentes de información es realizada en Panamá donde se encuentran ubicadas las esclusas de Miraflores y Cocolí, las cuales mantienen la operación desde hace cien (100) años y un (1) año desde su apertura respectivamente, la investigación y análisis se realiza en Bogotá con el uso de herramientas de búsqueda en línea, libros, revistas y otras investigaciones relacionadas. Ver ciclo en la **Figura 3. Recolección de datos.**

El sistema planteado permite el beneficio a los profesionales marítimos como Capitanes, remolcadores, tripulantes y operadores logísticos del Canal de Panamá, porque hacen parte del proceso de alineación de los buques para que la actividad se realice con éxito.

Para describir la información del proceso de alineación se utilizan diferentes tipos de gráficos que permiten la comprensión del *SISTEMA TECNOLÓGICO PARA ALINEAR EN TIEMPO REAL LOS BUQUES EN SU PASO POR LAS ESCLUSAS DEL CANAL DE PANAMÁ*, así mismo, matrices para estructurar, comparar y realizar el análisis de la información recibida en la visita.

Figura 3. Recolección de datos



Fuente: Apuntes de clase, Metodología de la investigación, LOPEZ SEVILLANO Alexandra.

La exploración en campo se realizó con ayuda de un guía, esta exploración tuvo como objetivo la observación de los procesos que se implementan actualmente, con el que brindan el servicio de transporte por las esclusas, de tal modo que permita medir la efectividad de seguir con la logística actual o evidenciar la necesidad de cambiar el modelo, siendo así viable la implementación del sistema de alineación en tiempo real.

Para las entrevistas se define como objetivo realizar preguntas semi-abiertas con el fin de obtener información relevante sobre los sistemas implementados para la alineación de los buques al ingreso de las esclusas en la actualidad, para determinar factores y/o elementos que no se hayan contemplado y que puedan ser de utilidad para un nuevo sistema de alineación.

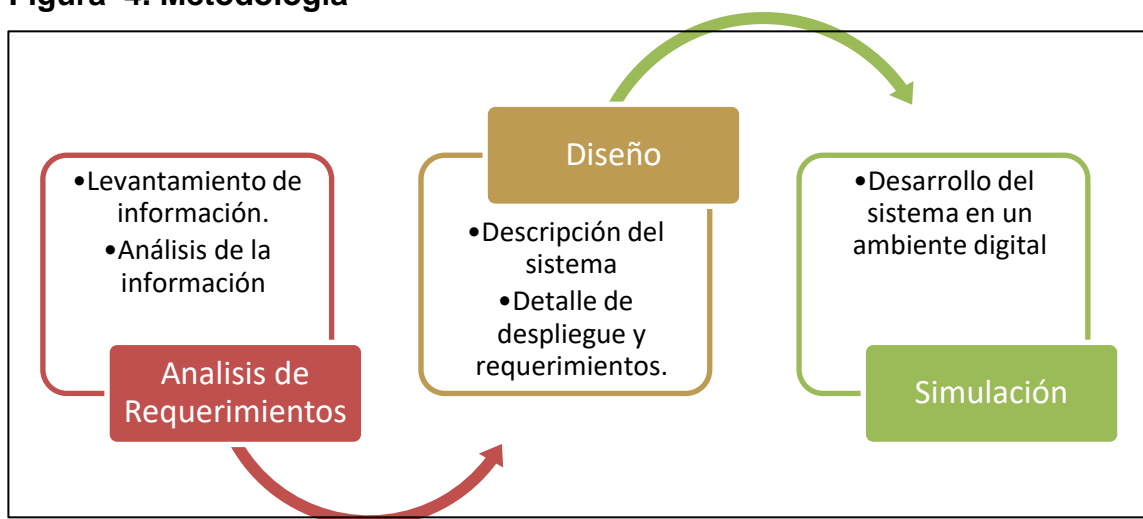
En las conferencias realizadas por los ingenieros a cargo de la operación, contribuye a la recolección de información necesaria para entender el contexto del negocio y por qué la prestación del servicio marítimo es importante para la economía del mundo, para ello se adjunta evidencia fotográfica de la presentación, así como la grabación de audio del conferencista.

13. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

13.1 FUNDAMENTOS

El sistema propuesto a continuación está contemplado bajo el ciclo de vida del desarrollo de software. Ver **Figura 4. Metodología**. Utiliza también aspectos del desarrollo de simulaciones y es diseñado con ayuda de diferentes Entornos de Desarrollo – IDE, que permiten generar una interfaz amigable al usuario final (conductores de los remolcadores, oficiales encargados, centro de monitoreo, entre otros), el propósito es brindar una herramienta de navegación a los responsables del ingreso de las grandes embarcaciones en las esclusas, logrando que con la ayuda de diferentes medios como sensores, cámaras y otros elementos como alarmas, luces, e indicadores en la plataforma del sistema que permitan tomar decisiones ágiles, logrando así disminuir el número de incidentes y el riesgo de accidentes con las embarcaciones.

Figura 4. Metodología



Fuente: RIAÑO VALDES, David Eduardo, MATAALLANA SANTIAGO, Susana.

13.2 PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA

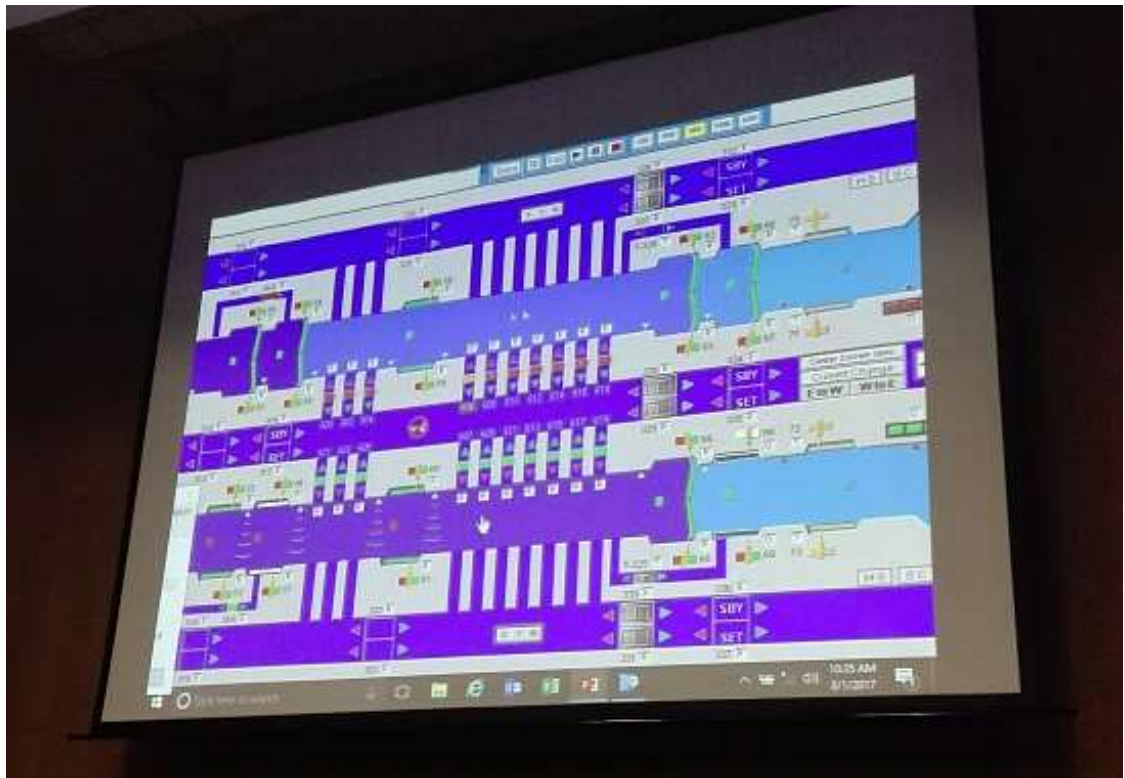
13.2.1 Evidencia.

Se realizó levantamiento de la información necesaria para conocer el funcionamiento del proceso manejado actualmente por los operadores del Canal de Panamá, esta información se obtuvo de forma verbal, la relatoría de la visita técnica internacional está desarrollada en una reseña en la cual se describen cronológicamente las actividades realizadas y se mencionan las conversaciones sostenidas con los ingenieros a cargo de las obras. Anexo A . Reseña visita técnica internacional Panamá.

A partir esta visita y de la información recibida tanto en la ACP como en la Universidad Tecnológica de Panamá realizamos el análisis a continuación, el cual describe los motivos o antecedentes que se evidenciaron los cuales permiten dar lugar a la propuesta tecnológica más adelante.

El sistema de control y monitoreo implementado en la ACP en la actualidad es una de las herramientas más importantes del Canal, siendo este capaz de informar con precisión el daño de cualquier elemento que sea crítico para la prestación del servicio, casi todos los componentes de los mecanismos eléctricos, hidráulicos o mecánicos cuentan con PLCs que permiten conocer el estado o comportamiento de estos y así, desde el cuarto de operaciones tomar decisiones prontas para resolver cualquier incidente; la plataforma se encuentra distribuida en dos secciones, la primera es el monitoreo eléctrico, y la segunda, monitoreo funcional **Ilustración 18. SiCME** la cual permite al operador conocer el estado de cada esclusa de forma gráfica, tarea que anteriormente se hacía mecánicamente y la cual requería un esfuerzo físico constante de los operadores.

Ilustración 18. SiCME



Fuente: Esclusas Miraflores, Conferencia Canal de Panamá - Presentación Corporativa por el Ing. Carlos Patterson.

13.2.2 Tecnología.

Para el funcionamiento del sistema se propone una arquitectura simple, cliente-servidor, los requerimientos del sistema pueden ser fácilmente aplicados en la infraestructura que la ACP maneja actualmente para los servicios de monitoreo de componentes funcionales o de operación; es requerido un servidor que permita levantar una aplicación web como un servicio en la red.

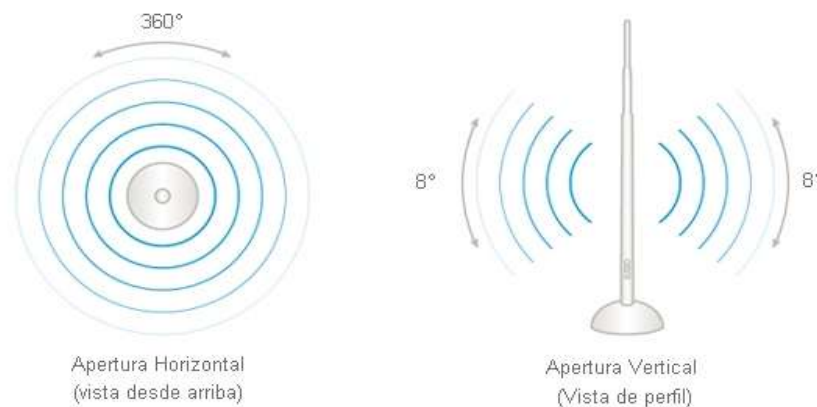
Los requerimientos mínimos para el funcionamiento del sistema son:

- Sistema operativo: Windows o Linux
- RAM igual o superior a 4GB.
- Procesador 2Ghz o superior.
- Almacenamiento mínimo de 10GB.
- Apache u otro servidor web.
- Postgres o MySQL.

El sistema debe ser accesible por medio de cualquier dispositivo que disponga de acceso a la red y que cuente con los recursos necesarios para visualizar el sitio, como, navegador, conexión LAN/WLAN y otros requisitos mínimos de procesamiento.

Para comodidad de los navieros el acceso a la plataforma deberá realizarse por vía WLAN, por medio de un dispositivo Tablet/iPad o Portátil. La distribución de la red WLAN se detalla en la **Ilustración 19. Distribución de red WLAN** la cual se encuentra basada en los estándares de los dispositivos del fabricante CISCO con sus características técnicas. Adicionalmente el centro de control y operaciones accederá a dicho servicio por medio de los dispositivos ya dispuestos para tal fin por la red LAN.

Ilustración 19. Distribución de red WLAN



Fuente: Sin cables, Tipos de Antenas, en línea: <https://www.sincables.ec/2012/02/que-es-una-antena/>, Consulta: 27 abril de 2018.

Para el desarrollo electrónico del sistema se recomienda usar los siguientes sensores y darles el manejo indicado a continuación:

- Sensores laser de distancia
- Sensores de proximidad
- Sensores laser de larga distancia

13.2.3 Diseño.

Para la ubicación de los equipos de medición y de comunicación identificados anteriormente se utiliza el programa de modelamiento “SketchUp” de Google, ver **Ilustración 20. SketchUp**, el cual permite realizar modelos en 3D, estos modelos representan la entrada de las diferentes esclusas con una precisión de hasta 10 metros con relación a la real, ya que el objetivo es brindar una aproximación real al funcionamiento del sistema, la exactitud no es imperativa sin embargo se maneja un margen de error que permita contemplar cambios en un despliegue real.

Ilustración 20. SketchUp

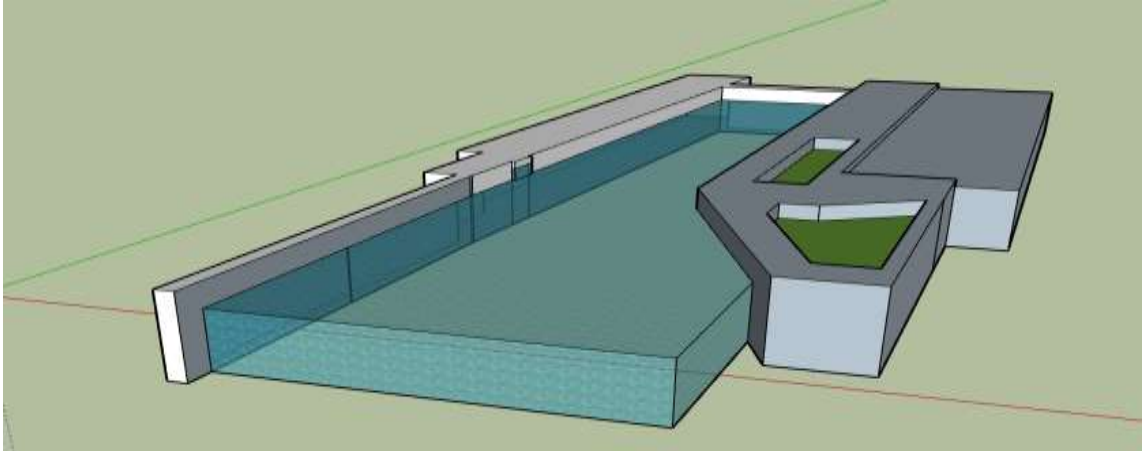


Fuente: Google SketchUp Pro 2018.

Con base en las medidas de las instalaciones obtenidas por medio de GoogleMaps se diseñan las estructuras con el fin de determinar la ubicación para los sensores y diferentes componentes del sistema, son representados ubicaciones aproximadas a las reales en el Canal, así mismo con los demás juegos de entradas en el sistema de esclusas.

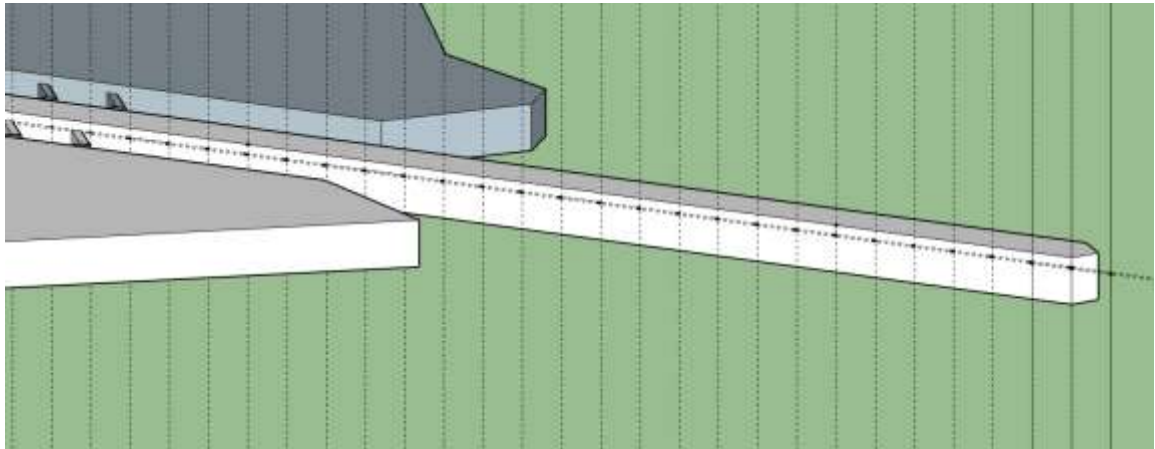
La representación de las esclusas en cada escenario incluye la barrera de contención, la cual soporta los choques del buque en el momento en el que los remolcadores lo empujan para alinearlos. Ver **Ilustración 21. Diseño inicial de las esclusas del Canal de Panamá, Cocolí, Ilustración 22. Ubicación de sensores esclusas del Canal de Panamá, Ilustración 23. Detalle ubicación sensores**. La distribución de los sensores se define cada 20m para sensores de distancia, cada 40m para sensores de proximidad y cada 100m para sensores laser de larga distancia, dichos sensores no son invasivos y se pueden instalar en ambos costados del Canal.

Ilustración 21. Diseño inicial de las esclusas del Canal de Panamá, Cocolí



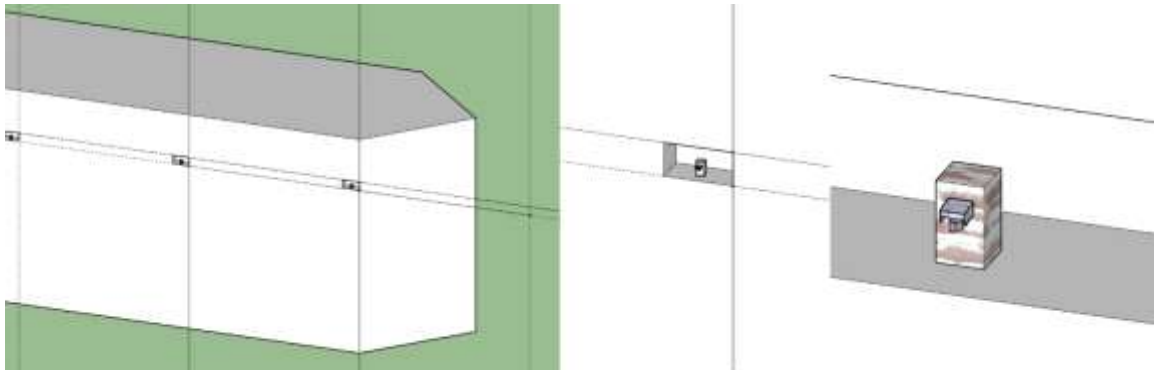
Fuente: RIAÑO VALDES, David Eduardo, MATALLANA SANTIAGO, Susana.

Ilustración 22. Ubicación de sensores esclusas del Canal de Panamá



Fuente: RIAÑO VALDES, David Eduardo, MATALLANA SANTIAGO, Susana.

Ilustración 23. Detalle ubicación sensores



Fuente: RIAÑO VALDES, David Eduardo, MATALLANA SANTIAGO, Susana.

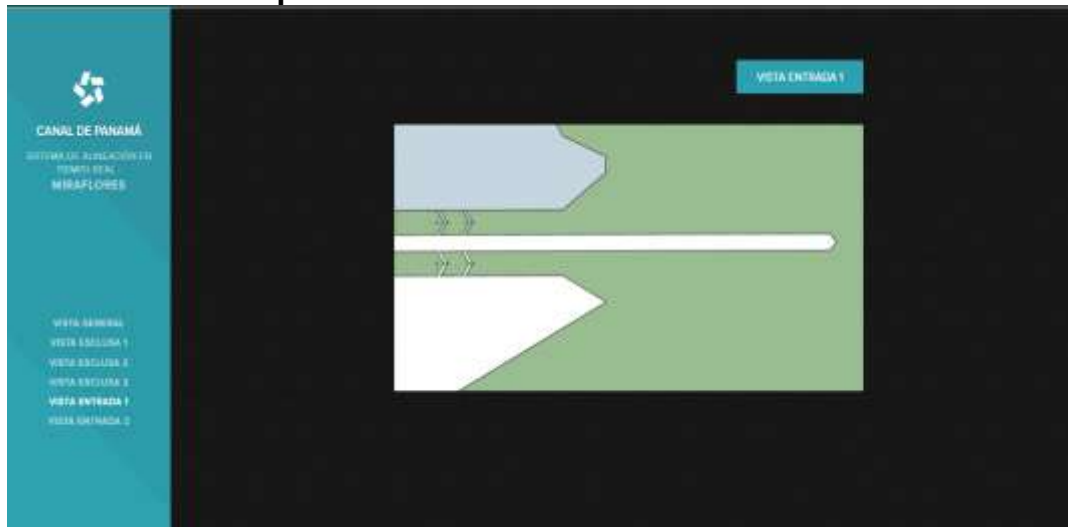
Ilustración 25. Mockup Sistema de alineación – Vista detalle



Fuente: RIAÑO VALDES, David Eduardo, MATALLANA SANTIAGO, Susana.

La plataforma permite evidenciar el estado de los sensores distribuidos a lo largo del Canal, los sensores de proximidad se alertan cuando son activados y los de medición de distancia permiten observar la distancia entre el buque y la pared; el detalle de cada esclusa permite realizar maniobras en tiempo real con el objetivo de corregir el curso del buque, la interfaz gráfica permite rápidamente la ubicación espacial y visualizar si se está ingresando a un curso de choque o si se encuentra correctamente alineado.

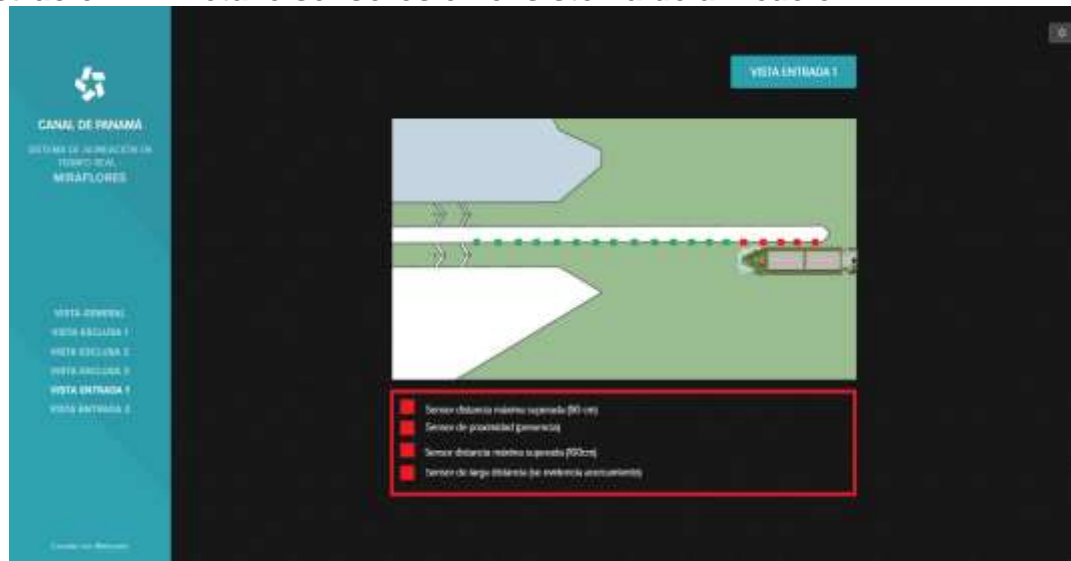
Ilustración 26. Mockup Sistema de alineación - Vista entrada



Fuente: RIAÑO VALDES, David Eduardo, MATALLANA SANTIAGO, Susana.

La plataforma en línea, permite observar en detalle los sensores, y las mediciones que estos realizan con el fin de que el operador del remolcador pueda tomar acciones al respecto y corregir el curso de la embarcación, este detalle se puede observar en la siguiente imagen: Ilustración 27. Detalle sensores en el sistema de alineación.

Ilustración 27. Detalle sensores en el sistema de alineación



Fuente: RIAÑO VALDES, David Eduardo, MATALLANA SANTIAGO, Susana.

El sistema permite la visualización de alarmas en el monitor y el estado o medición que provea para el conocimiento del operador, remolcador u otro que requiera controlar la embarcación. Estas alarmas se ven reflejadas de forma individual en la vista aérea y de forma organizada en la parte inferior, el trabajo del remolcador será aplicar fuerzas contrarias de remolque para corregir el curso del buque y corregir así las alarmas.

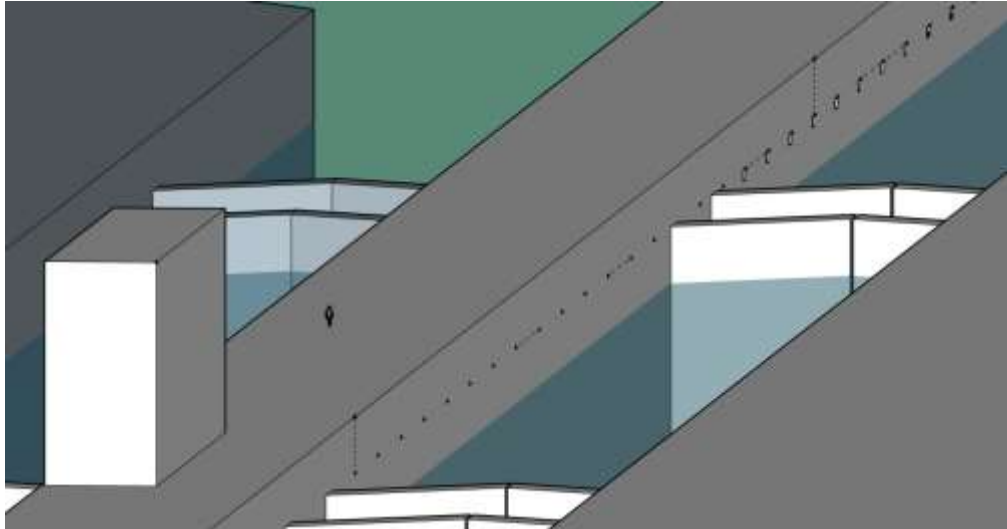
13.2.4 Simulación.

Para evidenciar el funcionamiento total del sistema propuesto se contemplan diferentes sistemas de modelamiento, animación y simulación CAD/CAM, la elección es determinada con base en las características, utilidad y agilidad en el proceso de diseño, para el proceso se utiliza SketchUp de Google, herramienta con la cual se hizo el diseño, modelado en este punto, simulación de las estructuras de todos los juegos de esclusas del Canal de Panamá.

En la simulación se puede evidenciar las diferentes vistas del modelo y en las diferentes capas las estructuras necesarias para dar origen al despliegue del sistema, las imágenes a continuación reflejan la escala **Ilustración 28. Escala de la simulación**, el ingreso de un buque: **Ilustración 29. Arribo del buque** y el detalle

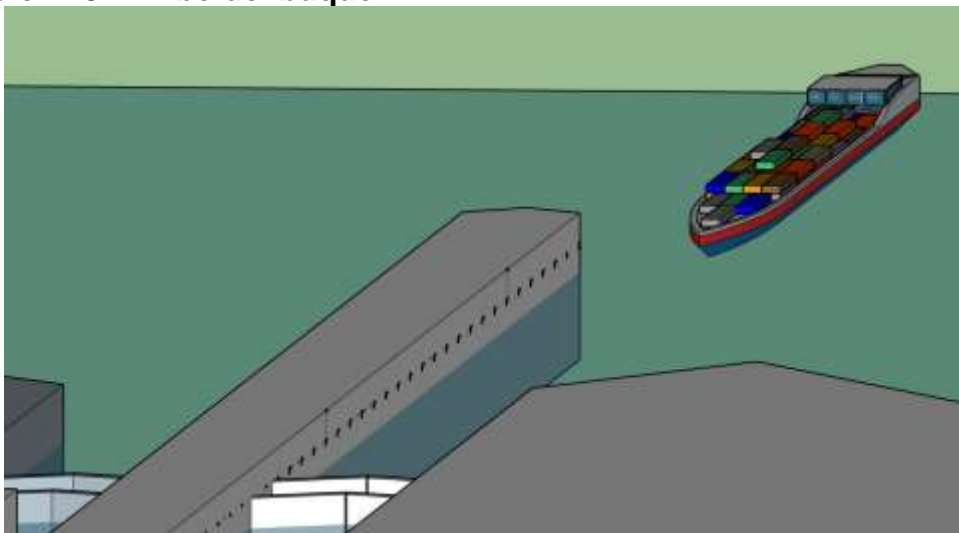
de medición: Ilustración 30. Ingreso de buque en la barrera de contención, Ilustración 31. Ajuste de buque en la barrera, Ilustración 32. Vista de sensores y buque

Ilustración 28. Escala de la simulación



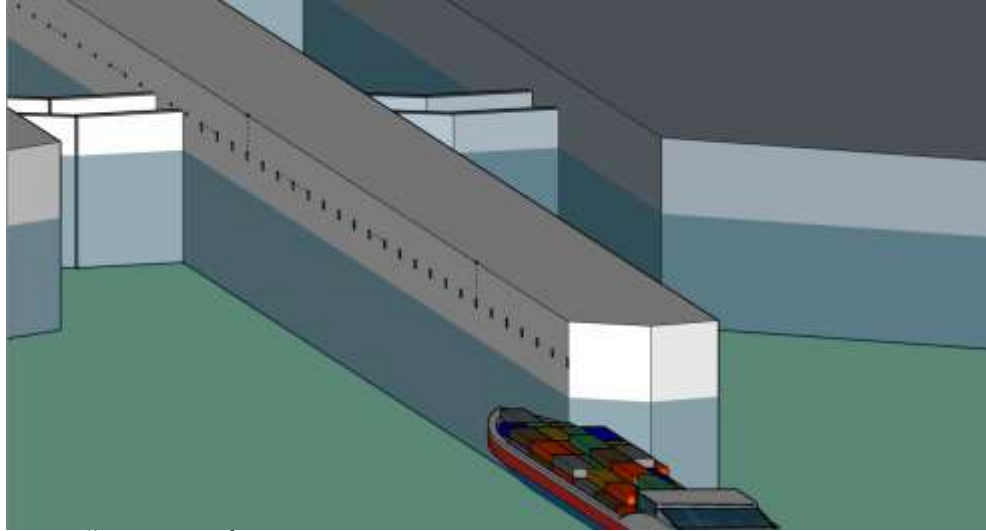
Fuente: RIAÑO VALDÉS, David Eduardo; MATALLANA SANTIAGO, Susana.

Ilustración 29. Arribo del buque



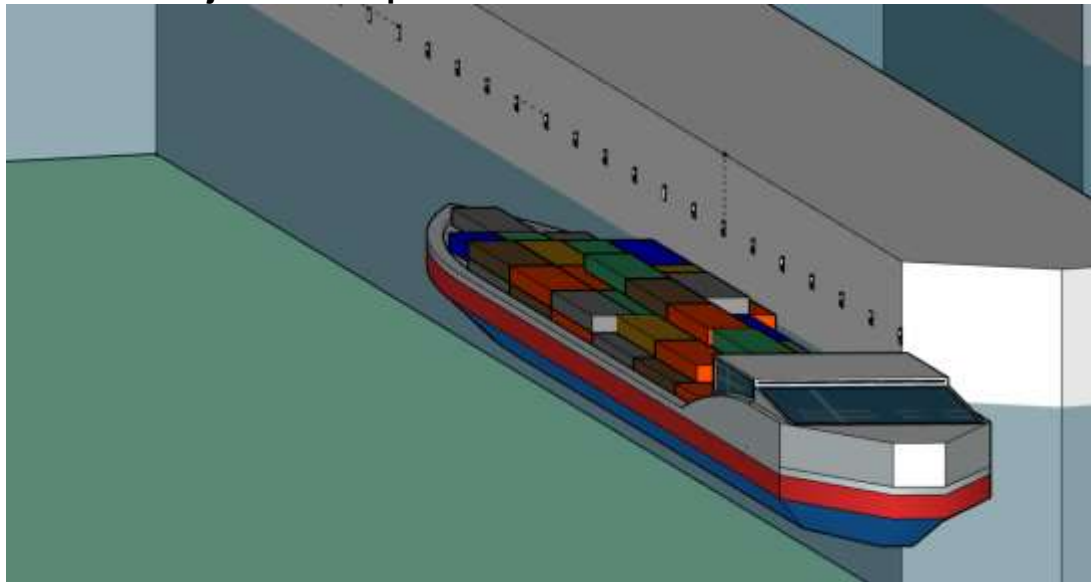
Fuente: RIAÑO VALDÉS, David Eduardo; MATALLANA SANTIAGO, Susana.

Ilustración 30. Ingreso de buque en la barrera de contención.



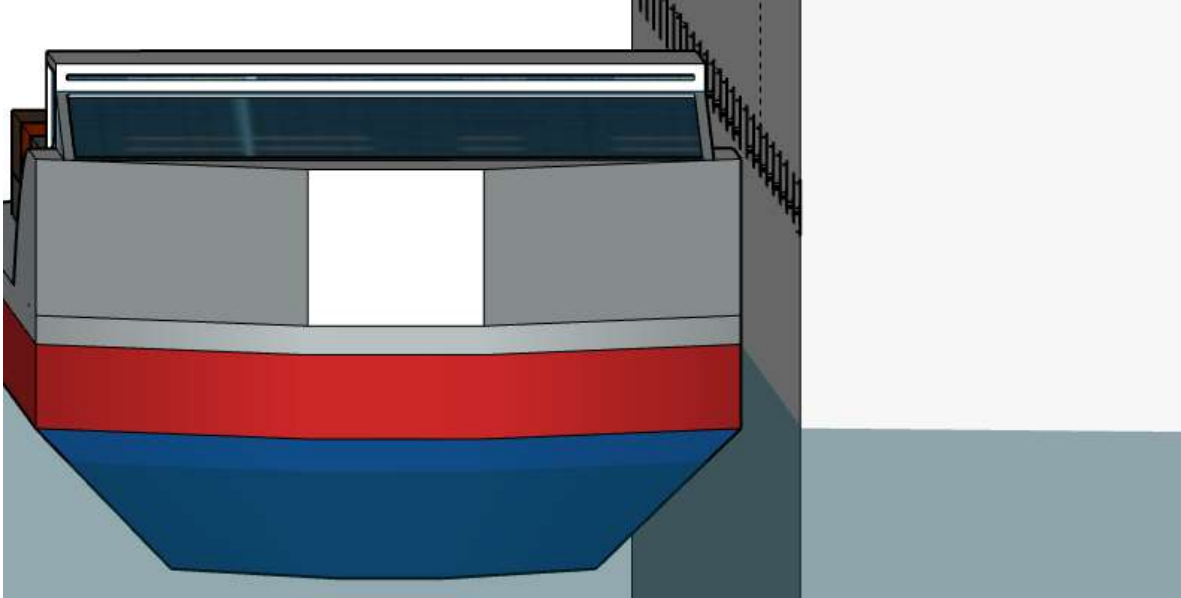
Fuente: RIAÑO VALDÉS, David Eduardo; MATALLANA SANTIAGO, Susana.

Ilustración 31. Ajuste de buque en la barrera



Fuente: RIAÑO VALDÉS, David Eduardo; MATALLANA SANTIAGO, Susana.

Ilustración 32. Vista de sensores y buque



Fuente: RIAÑO VALDÉS, David Eduardo; MATALLANA SANTIAGO, Susana.

14. PRESUPUESTO

El presupuesto que se incluirá en el proyecto incluye los costos de la visita técnica internacional al Canal de Panamá en el periodo del 31 de Julio de 2017 al 7 de agosto del 2017 organizado por la Universidad Católica de Colombia por un valor de \$3'700.000 (Tres millones setecientos mil pesos colombianos). Ver **Tabla 3. Presupuesto de viáticos.** Para la documentación, desarrollo y presentación del proyecto se determinó un presupuesto aproximado de \$272.900 (Doscientos setenta y dos mil novecientos pesos colombianos), los cuales incluyen impresiones realizadas para la recolección de información, la impresión del trabajo escrito, articulo IEEE y del poster, adicionalmente el transporte para las reuniones de tutoría y desarrollo de actividades de la monografía.

Las respectivas herramientas de trabajo para ofimática, investigación y diseño se avalúan aproximadamente en \$3'500.000 (Tres millones quinientos mil pesos colombianos) los cuales son de propiedad de los autores de esta monografía, los programas de ofimática y simulación que se utilizan para la elaboración se estiman en alrededor de \$500.000 (Quinientos mil pesos colombianos) los cuales se son licenciados y de propiedad de los autores del proyecto. Ver **Tabla 4. Presupuesto insumos, materiales.**

Los valores se discriminan en las siguientes tablas:

Tabla 3. Presupuesto de viáticos

Ítem	Transporte diario para los dos participantes	Numero de reuniones semanales entre los integrantes	Número de semanas	Valor Total de Ítem
Transporte en Bogotá.	\$ 8.800,00	2	16	\$ 228.000,00
Visita Técnica Internacional Panamá.	-	-	1	\$ 3'700.00,00

Fuente: RIAÑO VALDÉS, David Eduardo; MATA LLANA SANTIAGO, Susana.

Tabla 4. Presupuesto insumos, materiales

Ítem	Valor Unitario	Descripción	Valor Total de Ítem
Impresiones	\$100,00	249 páginas	\$ 24.900,00
Póster	\$10.000,00	2 caras	\$ 20.000,00
Portátiles y Herramientas	\$ 1'750.000,00	Portátiles y otros implementos necesarios para el	\$ 3'500.000,00

Ítem	Valor Unitario	Descripción	Valor Total de Ítem
		desarrollo de la monografía.	
Software Ofimática / Simulación	\$250.000,00	Herramientas ofimáticas y de simulación para la modelación del sistema.	\$500.000,00
Total			\$ 7'972.900,00

Fuente: RIAÑO VALDÉS, David Eduardo; MATALLANA SANTIAGO, Susana.

15. PRODUCTOS A ENTREGAR

Para el levantamiento de información sobre las metodologías y procesos que se utilizan en las esclusas del Canal de Panamá, se entrega el anexo del levantamiento de información realizada durante la estadía en el Canal de Panamá **Anexo A . Reseña visita técnica internacional** Panamá., entrevistas en audio, transcripción de apuntes entre otros entregables que se generen a partir de la visita técnica, identificando con estos el problema fundamental en la operación de la ACP en el manejo de buques y para lograr el análisis a los datos obtenidos logrando así la formulación de la alternativa que dé solución a la formulación inicial.

Se identificó por medio de investigación los sensores y dispositivos de comunicación disponibles en el mercado para ser usados en la solución tecnológica, estos, configurados e integrados en una red de sensores y una red de comunicación brindan la información y Canales para la recepción y envío de datos al sistema, la comparación de dichos sensores se encuentra en el **Anexo D. Dispositivos de monitoreo y comunicación para el sistema de alineación** y, para el desarrollo de la propuesta fueron utilizados los que se identificaron como más apropiados.

En el diseño y simulación del funcionamiento del sistema tecnológico para la alineación en tiempo real de los buques en su paso por las esclusas del Canal de Panamá se utilizó la información que se encuentra relacionada a lo largo del documento con el fin de generar una simulación de la solución propuesta, en la que el papel de los diseños funcionales de la plataforma, requerimientos de hardware y software entre otros permitan dar paso a un modelo 3D que permita visualizar cómo sería el funcionamiento e integración con los actuales procesos de logística que se llevan a cabo para la alineación de buques. Los entregables para esto son definidos como Mockup, requerimientos de sistema, diseño de la red y arquitectura detallada en el desarrollo de la propuesta.

En forma de anexo se incluye la simulación del sistema en las esclusas a las que se pretende apuntar, y así evidenciar el funcionamiento del sistema, esta simulación se entrega en medio digital y en formato video **Anexo B. Simulación del sistema tecnológico de alineación en tiempo real.**

Se incluye también en el entregable final, la presentación de la propuesta en formato digital la cual contiene el resumen del trabajo y los elementos más significativos de la misma, de igual manera el poster diseñado como estrategia de divulgación.

15.1 ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN Y DIVULGACIÓN

Esta monografía y sus resultados son presentados ante la comunidad universitaria y/o académica de la Universidad Católica de Colombia en las fechas y ubicación dispuestas para tal fin. Para esto, se utilizan diferentes medios de divulgación como los mencionados a continuación:

- Presentación de ponencia en la actividad de presentación de trabajos de grado organizada por la Universidad Católica de Colombia.
- Poster de bienvenida o de introducción al trabajo en las carteleras de la Universidad católica de Colombia.
- Documento final de la monografía realizada, en medio digital.
- Publicación en los repositorios de la Biblioteca en la Universidad Católica de Colombia.

16. CONCLUSIONES

El Canal de Panamá es uno de los corredores marítimos más significativos del planeta, por ende, la imagen y la prestación de servicios es importante para lograr fidelizar y capturar nuevos clientes en un mercado creciente y de alto flujo, gracias a la ampliación no solo del Canal sino también de los negocios a nivel mundial.

Es notoria la importancia de apalancar todos los procesos que se manejan actualmente y, con ayuda de un trabajo de campo obtener información veraz y de primera mano, que permita un análisis lo más confiable posible, de manera que, al momento de modelar cualquier solución tecnológica como la realizada anteriormente para la alineación de los buques se tenga en cuenta las necesidades del negocio.

Realizar la visita técnica al Canal de Panamá permitió el levantamiento de información sobre las metodologías y procesos que se utilizan en las esclusas del Canal de Panamá, la información brindada por los ingenieros encargados afirmó tanto la formulación del problema como el proceso que se maneja para el manejo de buques en el esclusaje.

Se identificó una alternativa de solución para el problema planteado, se detalló el sistema tecnológico con sus requerimientos y restricciones a grandes rasgos con el fin de optimizar el proceso de alineación, control y seguimiento de las embarcaciones en las esclusas del Canal de Panamá.

Con base en los requerimientos y la alternativa identificada se diseñó, el sistema tecnológico para la alineación en tiempo real de los buques en su paso por las esclusas del Canal de Panamá, estos diseños permitieron desarrollar la simulación de funcionamiento del sistema con el fin de evidenciar cómo funcionaría en un ambiente real de tal modo que, genere confianza y aceptación de las tripulaciones de las flotas y de los operadores panameños.

17. RECOMENDACIONES

Este trabajo es susceptible de ser modificado, mejorado, dependiendo de las eventuales especificidades futuras que, como resultado de la operación misma en el Canal se puedan presentar. Dichos cambios serán bienvenidos, siempre y cuando, aporten positivamente y ofrezcan soluciones y alternativas acordes a los requerimientos y necesidades inherentes a este tipo de proyectos.

Con el avance del tiempo, seguramente, surgirán nuevas aplicaciones tecnológicas que incluso pueden servir para complementarlo, en el caso que se decida realizar un avance, rectificación e incluso una comparación ya que este trabajo no es el último concepto sobre la materia puesto que constituye una investigación primaria. Así mismo la aplicación de instrumentación nueva que permita optimizar con el tiempo este tipo de procesos en los cuales se requiere de una alta supervisión humana, para la cual se dispone de este tipo de herramientas que faciliten las labores de navegación no solamente en el Canal de Panamá sino en otros pasos de navegación interoceánica y procesos industriales que requieran aplicación de este tipo de sistemas. En caso de que se quiera aplicar o llevar a término la propuesta es necesario realizar verificaciones, estudios de factibilidad y licitaciones con los proveedores habilitados para la prestación de servicios en Panamá de acuerdo con la normatividad y ofertas vigentes.

18. APORTES

El desarrollo de la propuesta permitió generar una simulación de los buques en las cámaras del Canal de Panamá, esta simulación podrá ser utilizada con diferentes fines y en caso de cambiar el sistema de medición permitirá confirmar los puntos estratégicos de medición.

La ACP logrará incluir un nuevo proceso de alineación y con este soportar alguna certificación de calidad ante la entidad que lo requiera.

Alternativa de dispositivos, en caso de requerir la ACP podrá implementar el sistema con los dispositivos propuestos y/o cotizar con una base de componentes especificados para el sistema propuesto.

19. TRABAJOS FUTUROS

En dictamen de la ACP, se propone un análisis sobre la necesidad de implementar este sistema en el ingreso de las cámaras de nivelación de todos los juegos de esclusas, deberá realizarse un estudio de factibilidad para identificar si efectivamente es necesario y la forma en la que se debería implementar.

Así mismo la propuesta puede ser aplicada en los diferentes pasos interoceánicos en el mundo, de ser así, deberá realizarse la identificación de los sistemas adecuados para tal fin y adaptar el modelo propuesto a la logística de esta otra entidad.

La propuesta en este documento puede modificarse de acuerdo al avance de la tecnología, pueden utilizarse nuevos implementos de medición y comunicación que permitan agilizar o mejorar nuevamente el proceso abordado.

20. ANEXOS

A continuación, se presentan los anexos indicados en el documento anterior los cuales contienen la información que se referenció.

Anexo A . Reseña visita técnica internacional Panamá.

Es de aclarar, que la reseña hace referencia a hechos y situaciones presentadas en la visita técnica internacional, fue realizada posterior a la misma y antes de elaborar el trabajo formal o monografía.

Tema:	SISTEMA TECNOLÓGICO PARA ALINEAR EN TIEMPO REAL LOS BUQUES EN SU PASO POR LAS ESCLUSAS DEL CANAL DE PANAMÁ
--------------	--

Autores:	Susana Matallana Santiago	Fecha de Inicio:	31 de julio de 2017
	David Eduardo Riaño Valdés	Fecha de Fin:	7 de agosto de 2017

Introducción:

Es importante resaltar que, por tratarse de una Visita Técnica Internacional, se contaba con una programación que incluía visitas a distintas empresas en Ciudad de Panamá para conocer sobre sus procesos industriales, los sistemas que apoyan esos procesos y la automatización de los mismos, así como la operación general de cada una de ellas. Dos de las visitas que se realizaron fue al Canal de Panamá, específicamente, las esclusas de Miraflores donde se encuentran las esclusas clásicas y las esclusas de Cocolí cuales que corresponden a la nueva ampliación, estas dos esclusas se encuentran ubicadas sobre el Océano Pacífico la información que se relaciona a continuación refiere a los días 2 y 5 de la agenda programada por la Universidad Católica de Colombia.

Ilustración 1. Esclusas de Miraflores



Fuente: Esclusas de Miraflores, Guía Ing. Carlos Patterson

El Ingeniero Carlos Patterson, realizó una conferencia para contextualizar sobre la importancia que tiene no solo para los panameños, también a nivel mundial, el servicio marítimo que ofrecen a sus clientes, hizo énfasis en la nueva misión y visión para la Autoridad del Canal de Panamá – ACP, donde el servicio marítimo como su Core de negocio y la imagen del Canal juega un papel fundamental para ser los mejores en conectividad.

La misión y la visión es una innovación, un cambio moderno, donde reconocen lo moderno y la necesidad de ser flexibles, siendo la base porque cambia, de tal modo que les permite salir de lo habitual de hace 100 años para convertirse en una empresa del siglo XXI, textualmente en su presentación el Ingeniero hace referencia a estas así:

Visión: Líder en conectividad global e impulsador del progreso en Panamá.

Misión: Contribuir de forma sostenible a la prosperidad de Panamá, a través de nuestro valioso equipo humano conectando la producción con los mercados globales para aportar valor a nuestros clientes.

Ilustración 2. Misión del Canal de Panamá



Fuente: Presentación Corporativa por el Ing. Carlos Patterson

El Ing. Jorge Luis Quijano – Administrador del Canal, dice textualmente en video Corporativo... "El mundo evoluciona a diario, cambia la tecnología, la forma de comunicarse, la forma de hacer negocios y las organizaciones deben adaptarse a la nueva realidad; por eso planteamos el gran reto de ampliar nuestro Canal no sólo para aumentar su capacidad en términos de fuselaje, sino añadiendo a nuestra oferta de servicios un nuevo producto "grandes buques" mucho más grandes en sintonía con la tendencia mundial; esa decisión soberana de ampliar nuestro Canal, también representa una oportunidad para aumentar la cartera de servicios complementarios, maximizando el uso de su patrimonio y añadiendo mayor valor a la ruta de Panamá. Como misión tenemos: Contribuir de forma sostenible... destacando nuestro principal activo que es el recurso humano, porque gracias a su compromiso, la calidad profesional y productividad son hoy una referencia mundial, además resaltamos la sostenibilidad porque creemos que a través del equilibrio ambiental, económico y social aseguramos un buen futuro para todos"

Ilustración 3. Video Corporativo Ing. Jorge Luis Quijano Administrador Canal de Panamá



Fuente: Presentación Corporativa por el Ing. Carlos Patterson

Entonces, ¿Cómo lograr el objetivo de ser los líderes en los servicios marítimos de conectividad? El Ing. Patterson indica que se logrará con el crecimiento del negocio ampliando la oferta de servicios y productos, incrementar la utilidad neta y productividad de la empresa de forma sostenible, implementar mejores prácticas de negocio y de buen gobierno corporativo, asegurar la disponibilidad del volumen y calidad del agua para consumo y para la operación del Canal, transformar la organización y desarrollar sus capacidades para aprovechar oportunidades de nuevos negocios y servicios, finalmente, aumentar la confianza y la credibilidad sobre la gestión de la ACP.

Ilustración 4. Logro de objetivos corporativos



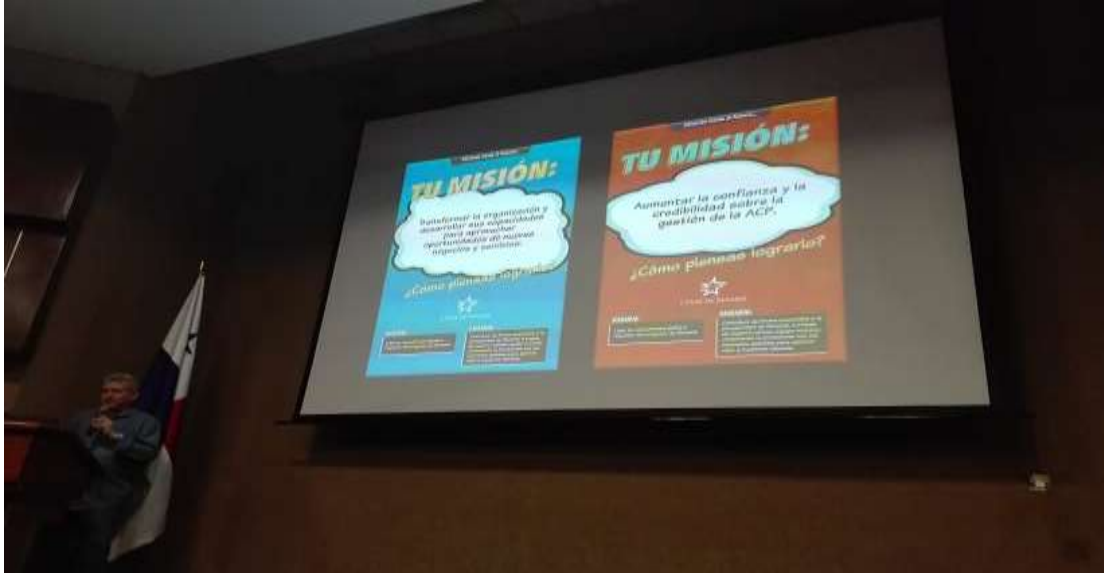
Fuente: Presentación Corporativa por el Ing. Carlos Patterson

Ilustración 5. Logro de objetivos corporativos



Fuente: Presentación Corporativa por el Ing. Carlos Patterson

Ilustración 6. Logro de objetivos corporativos



Fuente: Presentación Corporativa por el Ing. Carlos Patterson

Respecto a las metas específicas, se encuentra la adjudicación del puerto de Corozal y licitar la concesión del puerto de RoRo (Tipo de barco para el transporte de vehículos). En cuanto al puerto de Corozal, es un espacio de tierra que tiene la ACP, la idea es situar un puerto diseñado para manejar Neopanamax. Este puerto se encuentra dentro de la vía, es decir, se puede entrar al cauce, realizar carga y descarga, posteriormente, continuar el recorrido, lo cual genera ventaja para el cliente puesto que al estar por fuera de las esclusas no pueden hacer movimientos de mercancía. Ahora, en el caso que realice estos movimientos de mercancía en otro muelle que está fuera del Canal, existe el riesgo de atrasarse y perder el cupo de pasar por el Canal, pero si ya se encuentra dentro del Canal este cupo no se perdería y podría atracar para realizar cargue y descargue. Esta meta la visualizan como una ventaja competitiva por ser un complemento del servicio marítimo que actualmente prestan.

Obtener margen operativo mayor o igual al 47.3%, sin embargo, para lograr ese margen deben combatir con las amenazas no previstas, es decir, cuando transitaron los barcos Neopanamax, habían previsto que iban a llegar a un máximo de cuatro barcos por día, e incluso que, en el primero y segundo año, uno, dos o tres barcos y los años siguientes antes de cinco años, unos cuatro barcos al día. Pasado el primer año tienen un promedio de seis barcos al día, es decir, más barcos de lo que habían previsto inicialmente. Ahora, el máximo de barcos que pueden pasar en el día son doce, siempre y cuando el funcionamiento del servicio no tengo inconvenientes, sin embargo, consideran difícil ese número de barcos al día dado a que deben capacitarse más y solucionar otros aspectos de la operación para llegar a esa capacidad. Aun así, para la ACP es un logro importante que en primer año tengan la mitad de la capacidad en comparación con las esclusas clásicas por

clásicas. Las locomotoras se utilizan en las esclusas clásicas para centrar el barco en las cámaras. Los prácticos, pilotos que están a bordo de los barcos y son empleados de la ACP, son los especialistas que conocen las aguas, los capitanes de los barcos deben estar bajo las instrucciones de los pilotos de la ACP mientras transitan por el Canal y los remolcadores pasa cables realizan el despliegue acuático.

Ilustración 8. Locomotora para el remolque de los buques.



Fuente: Esclusas de Miraflores, Canal de Panamá.

La capacidad del Canal no es una constante, ya que depende de los arribos diarios, es decir, la operación se realiza de forma diferente teniendo en cuenta las dimensiones, tipo de buque y carga (toxica o si es inflamable), el calado, los aspectos estructurales y factores externos como la luz del día y el meteorológico, de modo tal, que impacta la velocidad con la que puede pasar la embarcación; por ejemplo, en caso que arriben barcos de menor dimensión, hay una capacidad mayor de pasar más embarcaciones, caso contrario, cuando arriban barcos de grandes dimensiones, éstos, son más lentos y la capacidad de tránsito por el Canal disminuye.

Ilustración 9. Embarcación Industrial transitando por las esclusas y asistida por las locomotoras.



Fuente: Vista desde el Centro de Control, Esclusas de Miraflores del Canal de Panamá.

Ilustración 10. Embarcación comercial transitando por las esclusas y asistida por las locomotoras.

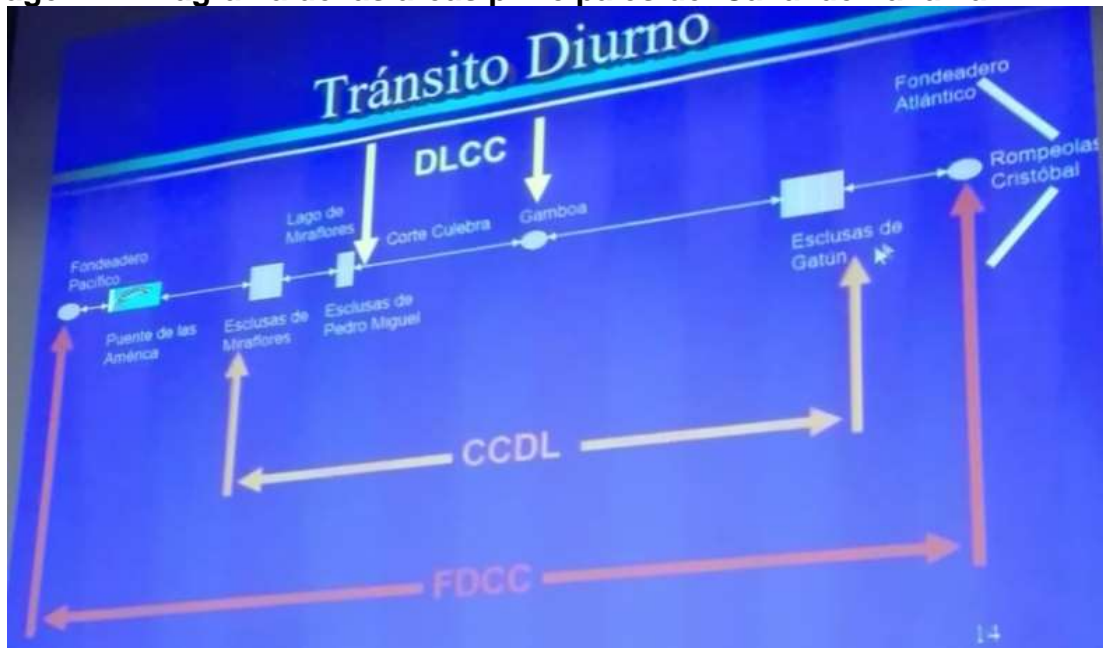


Fuente: Vista desde la plataforma de las Esclusas de Miraflores del Canal de Panamá.

Las restricciones son acuerdos que se tienen con el sindicato respecto al tránsito de los barcos, es decir, algunos barcos por su tamaño sólo pueden pasar de día, sin embargo, si el cliente está dispuesto a realizar un pago adicional, esta condición se omite.

Cada embarcación que pasa por el Canal de Panamá es inspeccionada, con el fin de garantizar el funcionamiento en términos de seguridad; por ejemplo, si el sistema de protección de incendios no está funcionando, la embarcación está en la obligación de solucionarlo a nivel interno debido a que la ACP no participa en la resolución del problema. Si llegase a ocurrir un incendio al interior de la embarcación mientras se encuentra dentro de las esclusas, éste debe ser retirado y atendido fuera de ellas y si solicitan el apoyo a la ACP, la embarcación deberá asumir los costos por los servicios prestados para solución del incidente.

Imagen 11. Diagrama de las áreas principales del Canal de Panamá



Fuente: Presentación Corporativa por el Ing. Carlos Patterson

En las esclusas hay diferentes modos de operación, en los relevos, seis o cuatro de las locomotoras, depende del tamaño del buque, si es muy grande hasta ocho de ellas, llevan la embarcación hasta la mitad de las cámaras, sueltan las líneas, y esas mismas locomotoras regresan a buscar el siguiente barco, en paralelo, otro grupo de locomotoras realizan el relevo para encargarse de ese barco y llevarlo por las esclusas, siendo este un proceso rápido debido al tiempo que le toma regresar a las locomotoras a buscar el siguiente barco, permitiendo un ciclo de esclusaje más rápido. El proceso de amarrado se realiza cuando sube el nivel del agua en la esclusa. Este proceso que es sincrónico permite optimizar los tiempos en la prestación del servicio. El sistema de carrusel se utiliza en el sector Atlántico, las

esclusas son más largas y cuenta con tres niveles, tienen un sistema de rieles que gira en forma de círculo y una parte de ella está con el barco y la otra parte está regresando al punto de origen, entonces, sí se cuenta con más locomotoras, se puede tener en ese círculo de carrusel la locomotora disponible para cada barco que va llegando, ese sistema es rápido, sin embargo, requiere de una inversión de Dos Millones de Dólares (USD\$2.000.000) cada una de ellas, por ende, el sistema de carrusel aumenta los recursos requeridos para el funcionamiento de la operación. Para el proceso de amarre, un barco de remos lanza las líneas mensajeras de tierra y el buque lanza también su línea mensajera, éstas dos líneas son amarradas y permite que los cables de las locomotoras se amarren con las líneas mensajeras y el molinete que está arriba del barco, hala esa línea mensajera y va levantando el cable de la locomotora y de esa manera el cable de acero queda abordo, la locomotora empieza a tensar ese cable y lo utiliza para tener el control del barco.

Existen tres funciones de las locomotoras, la primera tiene la capacidad de halar el buque si éste estuviera completamente detenido, sin embargo, el proceso sería extremadamente lento y poco eficiente, por ende, el buque con su propia propulsión más la locomotora, hacen que el movimiento sea más rápido. La segunda función es cuando se está frenando, la locomotora también puede realizar el frenado sin ayuda del buque, sin embargo, tomaría más tiempo en comparación cuando el buque utiliza sus propelas en dirección reversa, como tercera y última función, siendo esta la más importante, mantener el buque centrado para que no golpee en las paredes, ya que la distancia mínima es de 60cm de cada lado.

Ilustración 12. Proceso de amarre de la locomotora al buque



Fuente: Presentación Corporativa por el Ing. Carlos Patterson

En promedio pasan al año unos 13.500 buques con 17 accidentes de reclamo de mayor relevancia. No todos los accidentes son reclamados porque la ACP tiene que hacer una investigación sobre los hechos para identificar la responsabilidad, bien

sea del buque, del piloto o de la esclusa. El tiempo que tiene la ACP para investigar y responder al buque, es de 24 horas, tiempo en el cual, el buque debe esperar para poder continuar con su navegación, sin embargo, es un tiempo que a veces no esperan debido a los compromisos comerciales, ya que la representación en dinero por incumplimiento de sus entregas es superior comparado con la espera de la respuesta de la ACP.

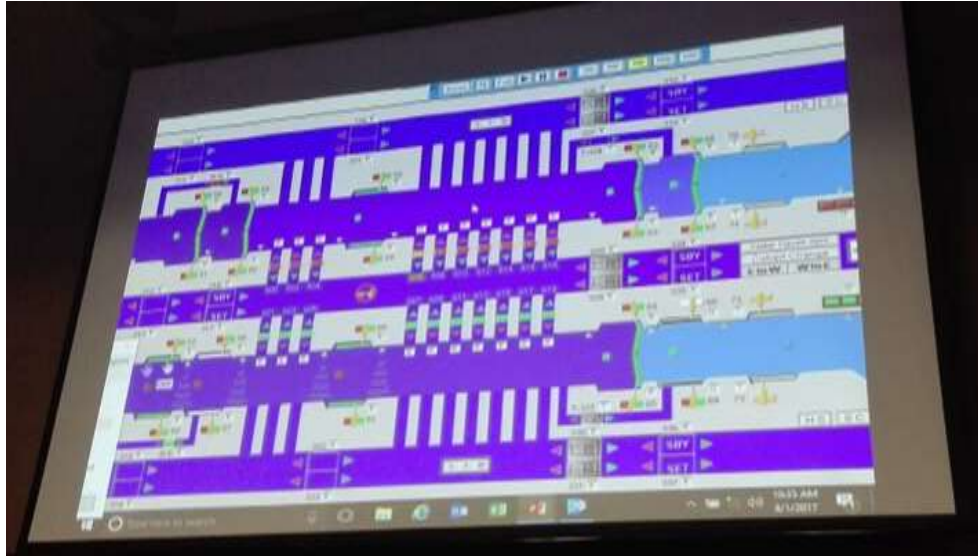
La maquinaria de las esclusas consta de las puertas con pistones hidráulicos que abren y cierran la puerta, antes tenían brazos mecánicos. Alcantarillas donde se encuentran las válvulas cilíndricas, para controlar los niveles del agua, las cuales con manejadas originalmente por una maquinaria electromecánica de engranajes y en la actualidad por un sistema hidráulico. El agua sale por alcantarillas laterales y hay cinco huecos por cada una de ellas. En la longitud de la esclusa hay veinte alcantarillas laterales con cinco huecos cada una, las cuales llenan la cámara desde abajo, es decir, que cuando el buque está subiendo, el agua lo está empujando por abajo. El proceso de llenado es diferente en el Canal ampliado, ya que los puertos de llenado están a los lados, y cuando entra por los lados, el agua choca en el centro y se cancela el uno con el otro, sin embargo, indica el Ing. Patterson que el llenado de las esclusas de Miraflores es más estable porque se realiza por debajo y homogéneamente a lo largo de la cámara.

Imagen 13. Compuertas de las esclusas de las esclusas de Miraflores



Fuente: Presentación Corporativa por el Ing. Carlos Patterson

Ilustración 14. Esquema de la maquinaria de las esclusas del Canal de Panamá



Fuente: Presentación Corporativa por el Ing. Carlos Patterson

Durante el recorrido por las instalaciones de Miraflores se evidenció la magnitud de los procesos que se manejan no sólo para el paso de estas grandes embarcaciones sino también para la logística entre compuertas, monitoreo, seguridad, y mantenimiento de todo el sistema desde sus componentes eléctricos como mecánicos, hidráulicos entre otros, todo esto con el fin de atender cualquier incidencia en el menor tiempo y de esta forma evitar indisponer el paso por alguna cámara.

Ilustración 15. Mesa original del año 1913 de las esclusas de Miraflores



Fuente: Centro de Control, Esclusas de Miraflores de Canal de Panamá

El sistema de control de maquinaria de las esclusas actualmente está automatizado, cuentan con monitores para la operación y el mantenimiento. El sistema es predictivo con el cual se utiliza diferentes sensores y medidores para la corriente, el voltaje, vibración, presión de los pistones, temperatura, niveles de aceite, variables que quedan como una base de datos de información, el cual utiliza estándar OPC (Open Process Control) es un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos industriales. El software de simulación es llamado interfaz humano máquina es el que permite la animación a los objetos antes de ser incorporado en el controlador maestro el cual tiene una serie de reglas de cómo debe operar la maquinaria. La interfaz humano-máquina tiene acceso a la base de datos para utilizar cualquiera de esos datos como fuente o base de la animación.

En la siguiente **Ilustración 16. Sistema de Control – Monitores para la operación de las esclusas de Miraflores**, se muestran las pantallas para la operación. Las pantallas que se encuentran en la parte superior de las esquinas tienen la programación del Oeste y del Este. Las pantallas que se encuentran en la parte inferior, indican en tiempo real lo que sucede en las esclusas.

Ilustración 16. Sistema de Control – Monitores para la operación de las esclusas de Miraflores



Fuente: Centro de Control, Esclusas de Miraflores de Canal de Panamá

El sistema de administración del mantenimiento permite ver cuáles son las órdenes de trabajo que están pendientes para realizar el mantenimiento, de acuerdo con la tabla maestra de programación de mantenimiento. Dicha tabla contiene información sobre el equipo, código de verificación, frecuencia de utilización y área responsable.

Este sistema muestra la funcionalidad hidráulica y la eléctrica permitiendo ser predecible al momento de realizar cambios o mantenimientos de alguna pieza.

Ilustración 17. Sistema de Control – Monitores para el mantenimiento de las esclusas de Miraflores



Fuente: Centro de Control, Esclusas de Miraflores de Canal de Panamá

Con el fin de obtener mayor información sobre la operación se realizan las siguientes preguntas al Ing. Patterson:

¿Ocurre un margen de error por los 17 casos que nos había mencionado más otros que no se reportan?

Responde: Normalmente los 17 casos tienen que ver con una operación inapropiada de las esclusas que es infrecuente y lo que es más frecuente es un error del piloto.

¿El Software que ustedes tienen hacen análisis de riesgo como condiciones climatológicas, tamaño del buque, condiciones del agua, etc.; que hagan análisis de riesgo de accidentalidad con una embarcación, pueden medir de alguna forma el riesgo?

Responde: No lo hacemos porque nuestro problema es más político que técnico, los pilotos son un sindicato y ellos deciden cómo hacer el esclusaje, dar las recomendaciones y uno tiene que aceptar las recomendaciones, el tema es humano, es experticia humana.

Ilustración 18. Proceso de ingreso a una de las esclusas



Fuente: Vista desde la plataforma de las Esclusas de Miraflores del Canal de Panamá.

Esclusas de Cocolí: Expositor Ing. Rafael Alvarado

El ingeniero Rafael Alvarado, fue la persona encargada en realizar el acompañamiento por las nuevas esclusas y al igual que el Ingeniero Patterson, ofreció una conferencia para dar contexto sobre la ampliación del Canal.

En las esclusas de Cocolí no tienen el sistema de locomotoras como el Miraflores, se utilizan remolcadores, uno va en proa y el otro en popa. El de proa es el encargado de halar el buque y el de popa es el que realiza la guía o para frenar. Las locomotoras no se utilizan porque los buques son más grandes y son más altos, adicional a eso, la adquisición de locomotoras representa un valor importante y así mismo el mantenimiento. El Canal ampliado lleva un año de funcionamiento y está diseñado para una operación a cien años, donde los buques con el paso de los años pueden llegar a ser más grandes y más altos, por tanto, los remolcadores es la decisión apropiada para el tránsito de los Neopanamax, indica el Ing. Rafael Alvarado.

Ilustración 19. Torre de control de las esclusas de Cocolí



Fuente: Esclusas de Cocolí del Canal de Panamá.

Ilustración 20. Proa del Neopanamax al ingreso de las esclusas con amarres al remolcador



Fuente: Vista desde la plataforma de las esclusas de Cocolí del Canal de Panamá.

Ilustración 21. Popa del Neopanamax al ingreso de las esclusas con amarres al remolcador.



Fuente: Vista desde la plataforma de las esclusas de Cocolí del Canal de Panamá

Las esclusas cuentan con cuatro compuertas redundantes para un total de ocho que son operadas digitalmente, así como el sistema de control. Por otro lado, en el caso que haya un impacto del buque con las paredes, éste no resulta ser mayor dado a que tienen unas defensas laterales para amortiguar el golpe y de este modo evitar que el buque sufra de perforaciones.

Respecto a la alineación del buque, se le realiza la siguiente pregunta al Ing. Alvarado:

¿Cómo es el proceso de alineación antes de que entre a la primera cámara?

Responde: Primero, tenemos una extensión, un muro de aproximación a lo que es a la esclusa, el buque viene con 4 remolcadores, el de proa y popa que son los que siguen con él en tránsito por la esclusa y dos laterales para llevarlo hacia el muro y queda alineado en la entrada.

¿En qué momento saben que el buque quedó perfectamente alineado y pueden evitar o mitigar algunos accidentes?

Responde: El piloto de la ACP es quien toma el control del buque, es decir, el capitán tiene que ceder el mando, él toma como referencia el muro de aproximación.

¿Eso significa que la comunicación es por radio?

Responde: Él se comunica por radio con los cuatro remolcadores, una vez que está alineado al muro les dice a los otros remolcadores que se pueden retirar a otra operación. El muro también tiene defensas para que no golpee directamente contra el buque, amortiguamiento suave.

¿Dentro de las esclusas hay algún tipo de sensores o no los están utilizando? ¿Hay algún sistema de apoyo que les diga si se está acercando mucho?

Responde: No, es visual. Él le da instrucciones directamente a los capitanes del remolcador.

¿Han pensado en algún momento automatizar esa parte?

Responde: Si, pero lo hemos dejado para después. Por ahora empezar la operación y después hacer las mejoras.

El recorrido finaliza con la siguiente información:

- En la actualidad, las esclusas clásicas manejan el 70% de los ingresos del Canal de Panamá y el 30% del ingreso lo maneja el Canal ampliado, esto indica que el volumen de barcos Panamax que pasa por las esclusas clásicas es superior.
- La competencia es el Canal de Suez en Egipto entre el mar Mediterráneo con el mar Rojo, ruta del comercio marítimo entre Europa y el sur de Asia, pues evita tener que rodear el continente africano.

Conclusión:

La visita técnica realizada a las esclusas del Canal de Panamá nos permitió recibir información de primera mano sobre el proceso que se lleva a cabo para la navegación a través de este paso interoceánico, el énfasis respecto al trabajo que vienen realizando para lograr la meta de ser los líderes en servicios marítimos y la apertura hacia los cambios tecnológicos que apoyan el proceso de transformación. La recolección de información actualizada, las entrevistas y aclaraciones que se recibieron por parte de los ponentes del Canal, logró confirmar la viabilidad e importancia del desarrollo para la propuesta de trabajo de grado, ya que se evidenció que no existe procedimiento sistematizado para la alineación de los buques en el ingreso a las esclusas del Canal.

Agradecimientos y Referencias:

A la Ingeniera Olga Lucia Roa Bohórquez y al Ingeniero Camilo Eduardo Téllez Villamizar por el acompañamiento realizado durante la visita y la dedicación que mantuvieron para realizar los informes diarios a la universidad. En el documento se utilizó algunas de las fotos compartidas por ellos mismos las cuales se pueden encontrar en línea en:

<https://drive.google.com/open?id=0B4AqMIWWhDaObI9YTzhOTzRCQkE>

Presentación UTP Historia del Canal de Panamá:

<https://drive.google.com/open?id=0B4AqMIWWhDaOY2prNkdSUFpoNkU>

Anexo B. Simulación del sistema tecnológico de alineación en tiempo real

El archivo en formato skp (SketchUp de Google) se entrega junto a este documento con el nombre “*Simulación del sistema tecnológico de alineación en tiempo real*”.

Anexo C. Manual de usuario

Para el correcto uso del sistema el usuario deberá contar con los siguientes elementos:

- Conexión a red inalámbrica o cableada con asignación de dirección IP en el segmento de red establecido para tal fin por parte de la ACP.
- Permiso de conexión (Firewall, IPS, NAT, ACLs) en caso de aplicar.
- Dispositivo de acceso como: iPad, Tablet, portátil o equipo de escritorio.
- Se deberá acceder con la cuenta proporcionada por la ACP antes de cargar la plataforma.

Uso y manejo:

- Una vez autenticado deberá navegar por medio del menú lateral para visualizar las diferentes vistas de las esclusas.
- En caso de evidenciar algún fallo con el dispositivo o el refresco de la información el usuario deberá recargar la página con ayuda de las teclas de función del dispositivo o el botón habilitado en la vista.
- Deberá cerrar sesión una vez finalizada la actividad.

Administrador:


- El rol de administrador del sistema permite la modificación del tipo de buque y dimensiones con el fin de parametrizar el sistema de alineación.

Anexo D. Dispositivos de monitoreo y comunicación para el sistema de alineación

Los sensores de distancia contemplados para el desarrollo del sistema se encuentran relacionados a continuación, la **Tabla 1. Sensores de distancia**, para la implementación las características del sensor WS31-WS42 cumple con los requerimientos necesarios para alimentar la plataforma con los datos ya que la precisión máxima es de 10cm y la distancia máxima que tendrá de medición es de 25m.

Tabla 1. Sensores de distancia

Imagen	Tipo	Descripción
	Sensor de distancia económico WS31 - WS42	Sensor de distancia por cable económico con encapsulado plástico y protección IP50. Salida analógica y digital, para rangos hasta 1000mm.
	Sensor de distancia por cable ASM WS10	Transductor de distancia, desplazamiento y posición por cable WS10, para rangos de medida bajos y medios, hasta 1250mm. Cuenta con salida analógica y digital tipo encoder.
	Sensor de desplazamiento por cable ASM WS12	Sensor para medida de distancia en rangos bajos y medios, hasta 3m. Alta protección IP67.
	Transductor de distancia por cable ASM WS17KT	Serie WS17KT para rangos de medida medios y altos, hasta 15m. Cuenta con diferentes tipos de salida analógica.
	Encoder de cable ASM WS19KT	Sensor WS19KT para rangos de medida medios y altos, hasta 15m. Cuenta con salida de encoder incremental o encoder absoluto, CAN, PROFIBUS, SSI, etc.

Imagen	Tipo	Descripción
	Transductor de desplazamiento por cable ASM WS7.5	Sensor para medir distancias y desplazamientos con rangos de medida altos y muy altos, hasta 60m. Cuenta con salida analógica y digital.

Fuente: SEICOM S.L, En línea: http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-distancia_36/

En la **Tabla 2. Sensores de tipo laser**, son una opción viable en caso de requerirse mayor precisión, en este caso el sensor laser económico puede emplearse ya que los rangos de medición son válidos para el sistema.

Tabla 2. Sensores de tipo laser






Imagen	Tipo	Descripción
	Cabezal láser económico para medida de distancia	Cabezal láser económico para aplicaciones lentas. Varios rangos disponibles desde 50mm hasta 1000mm con respuesta de 50Hz y 100Hz.
	Cabezal láser industrial rangos bajos	Cabezal láser para aplicaciones de bajo rango y frecuencia media. Disponibles en 10mm, 20mm y 50mm, con ancho de banda de 1kHz.
	Sensor láser industrial para todo tipo de superficies	Sensor láser industrial para rangos medios de 50mm, 120mm y 300mm, con respuesta de 1500Hz.
	Láser para aplicaciones dinámicas muy	Sensor láser de altas prestaciones para la medida en todo tipo de superficies y con alta velocidad, rangos desde 4 a 800mm con respuesta hasta 30kHz.

Imagen	Tipo	Descripción
	Láser de alto rango con salida analógica	Sensor láser de alto rango con salida analógica. Rangos disponibles en 3m, 6m, 10m y 100mm con respuesta media de 100Hz.
	Sensor láser de triangulación MEL M7L / M7LL	Sensores para la medida de distancia por láser con buena resolución y velocidad. Diferentes rangos hasta 400mm con ancho de banda de 10kHz.
	Láser de alta frecuencia para medida de vibraciones MEL M70LL	Sensor para medir distancia o vibración, con tecnología láser en aplicaciones muy dinámicas, ancho de banda hasta 100kHz.
	Cabezal láser compacto y ligero OPTIMESS MC	Sensor láser para la medida de distancia y desplazamiento en rangos bajos y medios hasta 200mm. Gran inmunidad a la luz exterior y al tipo de superficie de medida. Cabezal pequeño y ligero.
	Láser de triangulación alto alcance OPTIMESS LRCCD	Sensor láser de triangulación de alto rango o largo alcance de hasta 2400mm, con salida analógica y CAN bus.

Fuente: SEICOM S.L, En línea: http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-distancia_36/

Con relación a la **Tabla 3. Sensor larga distancia**, son sensores ubicados de forma cruzada con los sensores de pared para medir la distancia restante hasta la entrada o también detectar el ingreso de proa en el curso de alineación.




Tabla 3. Sensor larga distancia

Imagen	Producto	Descripción
	Láser para largas distancias WENGLOR	Sensor láser para medir distancias con rango ajustable de hasta 100m. Salida analógica y digital proporcional al rango de medida ajustado.

Fuente: SEICOM S.L, En línea: http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-distancia_36/

Igualmente, en la **Tabla 4. Sensores ultrasonido**, la disposición de sensores de ultrasonido a un nivel más bajo con el fin de que se puedan soportar bajo el agua, estos sensores podrán ser opcionales, pero brindarán información en caso de irregularidades de los barcos o elementos que puedan afectar el ingreso.

Tabla 4. Sensores ultrasonido

Imagen	Producto	Descripción
	Sensor de ultrasonidos con salida analógica	Sensor de distancia por ultrasonidos. Rangos de 350mm y 1100mm. Salida analógica 0-10V. Protección IP67 con conector M12.
	Sensor de distancia por ultrasonidos rango ajustable	Sensor de distancia por ultrasonidos con visualizador integrado. Rangos de 350mm y 2800mm. Salida analógica 0-10V y 4-20mA. Protección IP67 con conector M12.
	Sensor por ultrasonidos rangos altos	Sensor de distancia por ultrasonidos con visualizador integrado. Rangos de 1100, 2800 y 5700mm. Salida analógica 0-10V y 4-20mA. Protección IP67 con conector M12.

Fuente: SEICOM S.L, En línea: http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-distancia_36/

Adicionalmente, es necesario tener claridad que se debe contar con un sistema de red inalámbrico, tal como se muestra en la **Tabla 5. Puntos de acceso**, que soporte la movilidad del sistema con el fin de evitar el uso de redes móviles inseguras con bajo alcance o incluso en el escenario de una plataforma privada la prestación de un Canal dedicado para la comunicación, para la propuesta se define el *Aironet 1562E* como opción viable, sin embargo la decisión y la definición de requerimientos

es algo que se debe hacer junto con el fabricante y un proveedor de servicios que cuente con la experiencia necesaria para determinar el instrumento.

Tabla 5. Puntos de Acceso












Imagen	Tipo	Especificaciones de Radio		
		Tipo de antena	Estándar Wi-Fi	Vel. Transmisión
	Aironet 1532I	Internal	802.11a/b/g/n	300 Mbps
	Aironet 1532E	Dual band or single band, software-configurable	802.11a/b/g/n	300 Mbps
	Aironet 1540i	Internal, wide	802.11a/b/g/n/acW 2	300 Mbps
	Aironet 1540d	Internal, narrow	802.11a/b/g/n/acW 2	300 Mbps
	Aironet 1562I	Internal	802.11a/b/g/n/acW 2	1300 Mbps
	Aironet 1562E	Dual-band or single-band, software-configurable	802.11a/b/g/n/acW 2	867 Mbps

Imagen	Tipo	Especificaciones de Radio		
		Tipo de antena	Estándar Wi-Fi	Vel. Transmisión
	Aironet 1562D	Internal, directional	802.11a/b/g/n/acW 2	867 Mbps
	Aironet 1572E AC	Dual-band or single-band, software-configurable	802.11a/b/g/n/acW 1	1300 Mbps
	Aironet 1572E C/IC	IC: Internal EC: External, software-configurable	802.11a/b/g/n/acW 1	1300 Mbps
	IW370 2	Dual-band or single-band, software-configurable	802.11a/b/g/n/acW 1	1300 Mbps
	Aironet 1552H/S/WU	Dual-band external	802.11a/b/g/n	300 Mbps

Fuente: CISCO, Compare Outdoor Access Points, En línea: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/outdoor-wireless/product-comparison.html>

21. BIBLIOGRAFÍA

- ALBARRÁN LIGERO, JUSTO. 2013.** INTRODUCCIÓN AL CAD/CAM. [En línea] Febrero de 2013. [Citado el: 7 de abril de 2018.] <https://lenguajedeingenieria.files.wordpress.com/2013/02/introduccion3b3n-al-cad-cam.pdf>.
- BERTALANFFY, LUDWIG VON. 1989.** *Teoría general de los sistemas*. Séptima reimpresión. México : Fondo de Cultura Económica, 1989. págs. 31-34. ISBN: 968-16-0627-2.
- BERTOGLIO, OSCAR JOHANSEN. 1993.** *Introducción a la teoría general de sistemas*. México : Limusa, 1993. Vol. Octava impresión. ISBN 968-18-1567-x.
- CATALUNYA, UNIVERSIDAD POLITECNICA DE. 2006.** Los puertos en el transporte marítimo. [En línea] 01 de 01 de 2006. [Citado el: 25 de febrero de 2018.] <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/289/8.%20Rua.pdf;jsessionid=5F58D27841F140CC0B4F639406A65DB0?sequence=1>.
- CISCO. 2018.** Compare Outdoor Access Points. [En línea] 2018. [Citado el: 27 de abril de 2018.]
- DEFINICIONDE. 2018.** <https://definicion.de>. *Definición.de*. [En línea] 2018. <https://definicion.de>.
- DIGITA, GACETA OFICIAL. 2008.** *LEY 56 General de Puertos de Panamá*. Panamá : s.n., 2008.
- ECUADOR, INSTITUTO OCEANICO DE LA ARMADA. 2016.** Instituto Oceanográfico de la Armada. *Manual de Ayudas a la Navegación de la AISM/IALA*. [En línea] 26 de 06 de 2016. [Citado el: 7 de septiembre de 2017.] https://www.inocar.mil.ec/ESDEHI/docs/MANUAL_IALA.pdf.
- ESAMUELM. 2009.** Esamuelm's Blog. [En línea] 15 de Enero de 2009. [Citado el: 27 de abril de 2018.] <https://esamuelm.wordpress.com/2009/01/15/%C2%BFque-es-tiempo-real/>.
- FOMENTO, MINISTERIO DE. 2018.** Apalmeria. *Apalmeria*. [En línea] 25 de 04 de 2018. [Citado el: 25 de abril de 2018.] http://www.apalmeria.com/images/stories/file/Empleo/OficialDeObrasYMantenimiento2014/NIVEL2_Documentaci%C3%B3n_INFRAESTRUCTURAS.pdf.
- FUENTES, ALBERTO. 2005.** *Tecnología y ciencia*. Uruguay : Cultural Librería Americana S.A., 2005. págs. 12-14. ISBN: 9974-7810-0-0.
- GERENCIA, MAR Y. 2011.** Mar y Gerencia. *TRANSPORTE MARÍTIMO Y AÉREO, CAMBIO CLIMÁTICO Y GERENCIA*. [En línea] 2011. [Citado el: 29 de agosto de 2017.] <https://marygerencia.com/1176-2/codigo-internacional-para-la-proteccion-de-los-buques-y-de-las-instalaciones-portuarias-codigo-pbip/>.
- GIMÉNEZ RODRÍGUEZ, TAMARA y ROS BERNABEU, MARÍA ELENA . 2009-2010.** Sistema de Posicionamiento Global. [En línea] 2009-2010. [Citado el: 18 de febrero de 2018.] http://webs.um.es/bussons/GPSresumen_TamaraElena.pdf.
- GISPERT, CARLOS DE.** *Diccionario Ilustrado de las Ciencias y la Tecnología*. Madrid : Grupo Océano. pág. 735. ISBN: 978-84-494-2866-1.
- GOOGLE. 2018.** Definiciones. [En línea] 2018. <https://www.google.com.co>.

- HAYKIN, SIMON. 2005.** *Sistemas de comunicación.* México : Limusa, 2005. pág. 816. ISBN: 968-18-6307-0.
- IEEE. 2018.** IEEE Standards Association. [En línea] 2018. [Citado el: 27 de octubre de 2017.] <http://standards.ieee.org/>.
- INTERNACIONAL, DICCIONARIO. 2018.** Diccionario Internacional. [En línea] Agosto de 2018. [Citado el: 8 de agosto de 2018.] http://diccionario-internacional.com/definiciones/?spanish_word=lockage.
- INTERNACIONAL, ORGANIZACION MARITIMA.** Organización Marítima Internacional. *Organización Marítima Internacional.* [En línea] [Citado el: 17 de marzo de 2018.] <http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/Default.aspx>.
- J., ALONSO TIMÓN ANTONIO. 2015.** *Sectores regulados: Sector energético, sector del transporte y sector de las telecomunicaciones.* s.l. : Dykinson, 2015. pág. p434.
- JUMPO. 2017.** The Distribution of Digital Magazines. *The Distribution of Digital Magazines.* [En línea] 26 de marzo de 2017. [Citado el: 28 de Octubre de 2017.] <https://www.yumpu.com/es/document/view/25132940/manual-de-calidad-panama-Canal>.
- LEIJA, LORENZO. 2009.** *MÉTODOS DE PROCESAMIENTO AVANZADO E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN SISTEMAS SENSORES Y BIOSENSORES.* Mexico : Reverté S.A, 2009. pág. 537. ISBN 978-607-7815-01-3.
- MARINETRAFFIC.COM. 2007 - 2017.** Marine Traffic. *MarineTraffic.com.* [En línea] 2007 - 2017. [Citado el: 13 de abril de 2017.] <https://www.marinetraffic.com/es/ais/home/centerx:-79.915/centery:9.254/zoom:14>.
- MEGANEBUY, DANI. 2014.** Aficionados a la mecánica. *Sistema de Aparcamiento Asistido.* [En línea] 15 de 03 de 2014. [Citado el: 15 de abril de 2017.] <http://www.aficionadosalamecanica.com/sistema-aparcamiento-asistido.htm>.
- MENDOZA, J. & J. B. GARZA. 2009.** Universidad Autonoma de Nuevo León. [En línea] 2009. [Citado el: 10 de junio de 2017.] http://www.web.facpya.uanl.mx/rev_in/Revistas/6.1/A2.pdf.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE. 2011.** educaLAB. [En línea] 2011. [Citado el: 16 de abril de 2018.] <http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esotecnologia/quincena3/pdf/quincena3.pdf>.
- MINISTERIO DEL FOMENTO, Puertos del Estado. 2014.** INFRAESTRUCTURAS. [En línea] Febrero de 2014. [Citado el: 17 de marzo de 2018.] http://www.apalmeria.com/images/stories/file/Empleo/OficialDeObrasYMantenimiento02_2014/NIVEL2_Documentaci%C3%B3n_INFRAESTRUCTURAS.pdf.
- MOLINA, MXRCELO.** Academia.edu. *Academia.edu.* [En línea] [Citado el: 14 de agosto de 2017.] https://www.academia.edu/4936960/CONVENIOS_Y_NORMAS_INTERNACIONALES_VIGENTES_EN_EL_TRANSPORTE_MAR%C3%8DTIMO.
- . 2018.** ONVENIOS Y NORMAS INTERNACIONALES VIGENTES EN EL TRANSPORTE MARÍTIMO. <http://www.academia.edu>. [En línea] 2018. [Citado el: 9 de abril de 2018.]

OFICINA DE COORDINACIÓN NACIONAL DE POSICIONAMIENTO, NAVEGACIÓN, Y CRONOMETRÍA POR SATÉLITE. 2017. GPS.gov. *GPS.gov*. [En línea] 11 de Junio de 2017. [Citado el: 14 de agosto de 2017.] <http://www.gps.gov/spanish.php>.

PANAMÁ, AUTORIDAD DEL CANAL. 2017. Canal de Panamá - Ampliación. *Canal de Panamá - Ampliación*. [En línea] 10 de Junio de 2017. [Citado el: 13 de agosto de 2017.] <https://miCanaldepanama.com/ampliacion/>.

—. 2017. Canal de Panamá - Transparencia. *Canal de Panamá - Transparencia*. [En línea] 10 de Junio de 2017. [Citado el: 13 de agosto de 2017.] <http://miCanaldepanama.com/transparencia/>.

—. 2017. Mi Canal de Panamá. *Mi Canal de Panamá*. [En línea] 04 de Marzo de 2017. [Citado el: 14 de agosto de 2018.] <http://miCanaldepanama.com/nosotros/historia-del-Canal/disenio-de-las-esclusas/>.

PANAMÁ, LA ESTRELLA DE. 2016. La Estrella de Panamá. *La Estrella de Panamá*. [En línea] 22 de 06 de 2016. [Citado el: 14 de agosto de 2017.] <http://laestrella.com.pa/economia/aportes-Canal-panama-estado/23946986>.

PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION OF NAVIGATION CONGRESSES. 1992. CANALES DE ENTRADA - DISEÑO DE CANALES. [En línea] 1992. [Citado el: 29 de enero de 2018.] <http://www.maniobradebuques.com/pdf/articulos/Canales.pdf>.

PIANC. 1992. Diseño de Canales. *Diseño de Canales*. [En línea] 10 de 6 de 1992. <http://www.maniobradebuques.com/pdf/articulos/Canales.pdf>.

PINTO, ALBERTO. 2014. IngenieriaReal.com. *IngenieriaReal.com*. [En línea] 06 de febrero de 2014. [Citado el: 17 de Agosto de 2017.] <http://ingenieriareal.com/esclusas-en-el-Canal-de-panama-y-su-funcionamiento/>.

POZO, DESIRÉE. 2016. 20 Minutos. *20 Minutos*. [En línea] 24 de junio de 2016. <http://www.20minutos.es/noticia/2777398/0/ampliacion-Canal-de-panama-deja-paso-barcos-mas-grandes-con-mayor-carga/#xtor=AD-15&xts=467263>.

R.E., SHANNON. 1988. *Simulación de Sistemas. Diseño, desarrollo e implementación*. México : Trillas, 1988.

RAE. 2018. Diccionario de la Real Lengua Española. *Real Academia Española*. [En línea] 2018. <http://dle.rae.es>.

RODRÍGUEZ, TAMARA GIMÉNEZ. 2009-2010. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL(GPS). Panamá : s.n., 2009-2010.

ROMÁN, JOSE ANTONIO MAURENZA. 2017. Valoración de los sistemas de asistencia al estacionamiento. *Valoración de los sistemas de asistencia al estacionamiento*. [En línea] 14 de 05 de 2017. [Citado el: 13 de agosto de 2017.] https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/es/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1067020.

RUIZ, ALEXANDRA. 2009. *Implementing a decision support system (DSS) in e-business*. s.l. : INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN, 2009. Vol. 29.

RUIZ, PEDRO RODRÍGUEZ. 2010. civilgeeks.com. [En línea] 10 de noviembre de 2010. [Citado el: 2 de abril de 2018.] <https://civilgeeks.com/2010/11/10/conceptos-y-elementos-de-un-Canal/>.

SÁNCHEZ, MIGUEL A. 2014. Negocios bajo control. [En línea] 19 de Febrero de 2014. [Citado el: 19 de abril de 2018.] <https://technologyincontrol2.wordpress.com/2014/02/19/registro-de-perdidas-por-incidentes-operacionales-pautas-basicas/>.

SENSING S.L. 2018. SENSING. [En línea] 2018. [Citado el: 16 de mayo de 2018.] http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-distancia_36/Sensores-de-distancia-l%C3%A1ser_56/.

SOUSA, KENNETH J. y OZ, EFFY. 2016. *Administración de los sistemas de información*. Mexico : Cengage Learning, 2016. págs. 10 - 12. ISBN: 978-607-522-941-6.

TARIFA, ENRIQUE EDUARDO. Teoría de Modelos y Simulación. [En línea] [Citado el: 17 de abril de 2018.] http://www.econ.unicen.edu.ar/attachments/1051_TecnicasII/Simulacion.pdf.

TECNOCARRETERAS. 2011. Sensores de aparcamiento, funcionamientos y tipos. *Sensores de aparcamiento, funcionamientos y tipos*. [En línea] 24 de 10 de 2011. [Citado el: 14 de agosto de 2017.] <https://www.tecnocarreteras.es/2011/10/24/sensores-de-aparcamiento-funcionamiento-y-tipos/>.

TRENEANDO. 2009. Treneando. *Treneando*. [En línea] 12 de Septiembre de 2009. [Citado el: 07 de julio de 2017.] <https://treneando.com/2009/09/12/las-mulas-del-Canal-de-panama/>.

VACAS, FERNANDO SAENZ. 1992. Historia del Enfoque sistémico. *Complejidad y tecnologías de la información*. Madrid : s.n., 1992.

VALORTOP. 2017. ValorTop S.L. [En línea] 5 de diciembre de 2017. [Citado el: 23 de marzo de 2018.] <http://www.valortop.com/blog/que-es-wifi-que-significa-y-para-que-sirve>.

VÁSQUEZ, JOSÉ ANTONIO y VEGA, FRANCISCO. 2003. *LOS BUQUES*. Madrid : Carroggio, S.A, 2003. pág. 128. ISBN 13: 9788472549623.

WIKIPEDIA. 2017. Wikipedia.org. *wiki*. [En línea] 1 de abril de 2017. [Citado el: 1 de abril de 2017.] <https://es.wikipedia.org/wiki>.