ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Trabajo Fin de Máster

AUTOMATIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE CARGA DEL B/Q TINERFE BASADO EN MICROSOFT EXCEL

AUTOMATION OF CARGO ARRANGEMENT FOR CHEMICAL TANKER TINERFE BASED ON MICROSOFT EXCEL

Para acceder al Título de Máster Universitario en:

Ingeniería Náutica y Gestión Marítima

Autor: D. Alfonso Fortuny González
Director: Dr. Francisco José Correa Ruiz

Octubre-2018

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Trabajo Fin de Máster

AUTOMATIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE CARGA DEL B/Q TINERFE BASADO EN MICROSOFT EXCEL

AUTOMATION OF CARGO ARRANGEMENT FOR CHEMICAL TANKER TINERFE BASED ON MICROSOFT EXCEL

Para acceder al Título de Máster Universitario en:

Ingeniería Náutica y Gestión Marítima

Octubre-2018

AVISO DE RESPONSABILIDAD:

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Máster de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Máster, así como el profesor/a director no son responsables del contenido último de este Trabajo.

Índice

Índice 1

Resumen y Palabras clave 3

Abstract and Keywords 5

Abreviaciones y acrónimos 7

I.- Introducción 9

II.- Memoria descriptiva. 11

II.1.- Planteamiento del problema 11

II.1.1.- Planteamiento del problema 11

II.1.2.- Hipótesis de partida y de resultado (objetivos) 11

II.2.- Herramientas de resolución 12

II.2.1.- Herramienta I: Asignaturas Máster Universitario en Ingeniería Náutica y Gestión Marítima en la Universidad de Cantabria 12

II.2.2.- Herramienta II: Función ESS Excel creada con Visual Basic 19

II.2.3.- Herramienta III: Tank Cleaning Guide 20

II.2.4.- Herramienta IV: ISGOTT 21

II.2.5.- Herramienta V: Ship-Manager-88 21

II.3.- Metodología 22

III.- Aplicación práctica 34

III.1.1.- Packing List 34

III.1.2.- Reparto de cantidades 34

III.1.3.- Distribución de carga y operación de limpieza 37

III.1.4.- Cálculos de estabilidad 38

IV.- Conclusiones 44

V.- Referencias 45

Resumen y Palabras clave

Resumen

El presente Trabajo de Fin de Máster tratará de describir el desarrollo de una automatización de la distribución de la carga para un buque petroquimiquero, así como los métodos que se han llevado a cabo para su elaboración. La complejidad que presenta la carga y su distribución en este tipo de buques implica una interrelación entre diferentes variables que se debe de tener en cuenta para realizarla, como pueden ser: la capacidad de carga del buque y de cada uno de los tanques, la compatibilidad entre productos o los criterios de estabilidad, entre otros. Para ello, se tienen en cuenta las recomendaciones recogidas en las guías *Tank Cleaning Guide* y la *International Safety Guide for Tankers and Terminals*.

La automatización de la distribución del cargamento se desarrolla para una capacidad de carga tres productos derivados del petróleo diferentes, mediante la aplicación de la herramienta Microsoft Excel al B/Q Tinerfe, comprobando su idoneidad con el programa de estabilidad Ship-Manager-88.

Por último, una vez hallada la nueva distribución de carga efectuada por el programa Excel y tras cotejar los cálculos de estabilidad del buque para esa carga específica, reside la responsabilidad en el Primer Oficial para decidir si dicha distribución es admisible y se puede llevar a cabo.

Palabras clave

Automatización de carga, distribución de carga, petroquímico, petrolero de productos, limpieza de tanques, compatibilidad de productos, flujograma.

Abstract and Keywords

Abstract

The goal of this Master's Thesis is to describe the development of a cargo automation for a chemical tanker vessel and the methods that have been used for its elaboration. The cargo arrangement on board these types of vessel are complex because of the interrelation between different variables that must be taken account to carry it out.

The capacity of every tank, the product before loading, the next product to load, the compatibility between products recommended in Tank Cleaning Guide or the cleaning procedures to carry the tank cleaning out recommended in International Safety Guide for Tankers and Terminals (ISGOTT) are some of these variables.

The automation of the cargo distribution is developed in Microsoft Excel based on three different petroleum products. This Microsoft Excel is applied to chemical tanker Tinerfe. Then this distribution is checked by a stability program called Ship-Manager-88.

Finally, when the new cargo distribution is calculated by the Excel program and the stability to that specified cargo is checked, the Chief Officer is responsible for decide if this cargo arrangement is possible and can be carried out.

Keywords

Cargo automation, cargo arrangement, chemical-tanker, product-tanker, tank cleaning, product compatibility, flowchart.

Abreviaciones y acrónimos

AP Procesos de Apoyo integrados en el Sistema Integrado de Gestión de una Naviera.

Código IBC Código internacional para la construcción y el equipo de buques que transporten productos químicos peligrosos a granel.

DIMA Naviera Distribuidora Marítima Petrogás S.L.U.

GNA 95 Gasolina 95.

GNA 98 Gasolina 98.

GOA Gasóleo o gasoil de automoción.

GOB Gasóleo o gasoil bonificado. Para maquinaria agrícola e industrial.

GOC Gasóleo o gasoil C. Para calderas de calefacción o equipos de producción de calor.

HM 50 Hydrocarbon Management. Guidelines for the cleaning of tanks and lines for marine tank vessels carrying petroleum and refined products.

IMO International Maritime Organization.

ISGOTT International Safety Guide for Oil Tankers & Terminals.

IT Instrucción Técnica recogida en el Sistema Integrado de Gestión de una Naviera.

JET A1 Carburante de aviación. También conocido como queroseno, querosene, keroseno o kerosene.

MARPOL Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques.

RD Responsabilidad de la Dirección de una Naviera.

SG Sistema de Gestión. Utilizado para formar los códigos que definen procesos.

SIG Sistema Integrado de Gestión de una Compañía Naviera.

I.- Introducción

La distribución de la carga en un petroquimiquero o en un petrolero de productos resulta ser una labor muy compleja que compete al Primer Oficial de cubierta del buque. Para realizarla, se debe tener en cuenta algunas variables como la capacidad de los tanques, compatibilidad entre productos de cargamento anterior y posterior o las preferencias del fletador.

Asimismo, para completar cualquier distribución es necesario consultar y basar el reparto de los diferentes productos en las recomendaciones de compatibilidad de la *Tank Cleaning Guide*, así como los procedimientos a llevar a cabo para la limpieza de los tanques recogidos en *ISGOTT*.

Toda distribución de carga debe estar abalada en su fase inicial, intermedia y final por un cálculo de estabilidad previo con y sin avería recogido en el *Convenio MARPOL*.

Esta labor se puede solventar empleando la herramienta Microsoft Excel. Gracias a este programa informático, es posible automatizar la distribución del cargamento para este tipo de buques de forma rápida y eficaz.

La utilidad de esta automatización de Excel demostrará ser una gran ventaja para los Primeros Oficiales de puente, encargados de la distribución y reparto de la carga, ya que, al disponer de esta herramienta, se agilizarían todos los cálculos relativos a la distribución del cargamento.

El presente trabajo utilizará como modelo al buque petroquímico Tinerfe, propiedad de la Naviera Canaria Distribuidora Marítima Petrogás S.L.U., brazo naval de DISA, y, actualmente fletado por la Compañía Logística de Hidrocarburos de España (CLH). El B/Q Tinerfe tiene capacidad de carga de hasta tres productos refinados diferentes, generalmente Clase IMO III relativo a productos inflamables.

Para verificar la idoneidad de la distribución de carga automatizada, se emplea el programa Ship-Manager-88 con el que se comprueban los criterios de estabilidad.

Finalmente, en base a la distribución realizada por el programa Excel y tras comprobar los cálculos de estabilidad del buque para esa carga en concreto, queda a criterio del Primer Oficial decidir si la dicha distribución es aceptable o hay que realizar una nueva.

II.- Memoria descriptiva.

II.1.- Planteamiento del problema

II.1.1.- Planteamiento del problema

La distribución del cargamento en un buque petroquímico es muy compleja. Dada la diversidad e incompatibilidades que presentan este tipo de cargas, es necesario realizar una correcta distribución en los diferentes tanques de carga con el objetivo de optimizar, al máximo posible, las cantidades solicitadas por el fletador.

En el caso del B/Q Tinerfe, dentro de la gran variedad de productos que puede transportar, su principal actividad consiste en el transporte de mercancías peligrosas Clase IMO III (productos inflamables) en el Mar Mediterráneo, concretamente gasolinas, gasóleos y carburantes de aviación.

El fletador informa de las cantidades a cargar el próximo puerto de carga. El Primer Oficial es la persona encargada de realizar dicha distribución. Esta distribución de la carga debe ser lo aproximada y óptima posible a las cantidades solicitadas por el fletador.

Se pretende automatizar la distribución de carga del B/Q Tinerfe empleando el programa informático Microsoft Excel, ajustando al máximo posible las cantidades que se desean cargar. Para ello, es necesario tener en cuenta las recomendaciones de *ISGOTT* y *Tank Cleaning Guide*.

II.1.2.- Hipótesis de partida y de resultado (objetivos)

II.1.2.1.- Hipótesis de partida

Para la elaboración del presente trabajo, se parte de las siguientes hipótesis:

1. El programa informático Microsoft Excel, así como el empleo de determinados complementos del mismo, puede ser una herramienta útil tanto para el cálculo de la carga a embarcar como la distribución de la misma en un buque petroquimiquero.

2. Se deberá tener en cuenta que el B/Q Tinerfe cuenta con una capacidad de hasta tres productos derivados del petróleo diferentes a la vez. Estos productos perteneces a la Clase IMO III, correspondiente a productos inflamables (GNA 95, GNA 98, JET A1, GOA, GOB y GOC).

3. También será relevante tener en cuenta la complejidad que conlleva las distribuciones de carga en este tipo de buques, concretamente por el especial cuidado que requieren determinados productos debido a su incompatibilidad con otros productos.

4. Si el programa de Excel es capaz de resolver estos problemas de manera rápida y eficaz, su empleo se demostrará como una gran ventaja para los Primeros Oficiales puedan disponer de esta herramienta a la hora de realizar este tipo de cálculos.

II.1.2.2.- Hipótesis de resultado

Se pretende automatizar la distribución de carga del B/Q Tinerfe mediante el programa informático Microsoft Excel. Mediante esta automatización, se conseguirá realizar un reparto de forma automática, rápida y eficaz de cualquier tipo de cargamento para este petroquimiquero.

Para garantizar la eficacia del programa, habrá que comprobar la idoneidad de cálculos de estabilidad y esfuerzos para la distribución de la carga obtenida para cada caso. Esta idoneidad se verificará con el calculador de esfuerzos *Ship Manager-88*.

Además, se debe considerar los productos cargados anteriormente, así como la compatibilidad entre productos diferentes a la hora de realizar la nueva distribución del cargamento. En caso de que no sean compatibles, se deberá realizar una nueva distribución. Los criterios de limpieza se regirán por las recomendaciones establecidas en la *Tank Cleaning Guide 9th Edition*.

La distribución obtenida mediante la automatización deberá ser siempre valorada por el Oficial responsable, dejando a criterio del mismo si la distribución realizada es viable y se puede llevar a cabo o no.

II.2.- Herramientas de resolución

II.2.1.- Herramienta I: Asignaturas Máster Universitario en Ingeniería Náutica y Gestión Marítima en la Universidad de Cantabria

El presente trabajo se basa en tres asignaturas correspondientes al Máster en Ingeniería Náutica y Gestión Marítima de la Universidad de Cantabria. Principalmente la asignatura impartida por D. Francisco José Correa Ruiz: "*Sistemas Integrados de Gestión aplicados a la manipulación y estiba de la carga, al control del funcionamiento del buque y al cuidado de personas a bordo"* siendo la asignatura que motiva a buscar

una solución para resolver el problema de la distribución de la carga un petroquimiquero.

Del mismo modo, cabe destacar las asignaturas *"Formación Investigadora"* y *"Sistemas Integrados de Gestión"*, ambas impartidas por D. Francisco Jose Díaz de la Campa. Dichas asignaturas, han servido para proporcionar la información y técnicas necesarias con las que terminar de completar el desarrollo la presente automatización de la distribución de carga del B/Q Tinerfe en el programa Microsoft Excel, así como las bases para la creación del diagrama de flujos de las páginas siguientes.

Este apartado se centrará principalmente en los principios expuestos en la asignatura *"Sistemas Integrados de Gestión"*. ¿Qué relación tiene en común esta asignatura con el programa de la automatización de Excel?

Para poder responder la pregunta se debe recordar el objetivo del trabajo, desarrollar una automatización de la distribución de la carga de un petrolero, optimizando de esta forma el tiempo invertido por el Primer Oficial, así como intentar ajustar las cantidades solicitadas por el fletador con la capacidad de carga del buque. Al tratarse de una herramienta nueva en un buque, habría que diseñar un procedimiento para el propio buque y la Naviera, donde se establezca la secuencia de tareas que hay que seguir para su correcto uso. Para ello, se emplea un flujograma, también conocido como diagrama de flujo o diagrama de actividades, donde se expone todo el proceso.

El diagrama de flujo se compone de diferentes tareas, que, a su vez tienen asociadas un documento con un código específico en el Sistema Integrado de Gestión.

"Un documento de un Sistema Integrado de Gestión recibe su código atendiendo al proceso que lo mantiene en mejora continua o atendiendo al proceso que lo emplea" (Sánchez Díaz de la Campa, 2017).

a) Entonces, ¿qué método se utiliza para nombrar un documento atendiendo al proceso que lo mantiene en mejora continua?

   "Las IT que encontramos en un barco son documentos que no pueden ser modificados en el propio barco, sino que sus diferentes versiones proceden de un departamento técnico de la Naviera. El barco las aplica, pero no tiene potestad para modificarlas (aunque sí puede hacer propuestas de mejora). Por

ello, estos documentos tienen códigos como SG_AP.4_Naviera_00X.IT12" (Sánchez Díaz de la Campa, 2017).

"SG_AP.4_Naviera_00X: esta parte del código debe identificar a un proceso dentro de un departamento de la Naviera. Todos los oficiales embarcados deben saber reconocer este código como consignas de gestión que proceden de la inspección flota, departamento de operaciones… Donde, el nombre concreto, depende de cada naviera" (Sánchez Díaz de la Campa, 2017).

"IT12: de entre las numerosas instrucciones técnicas que edita y mejora el órgano anterior… esta es la número 12" (Sánchez Díaz de la Campa, 2017). Siguiendo las recomendaciones del profesor D. Francisco J. Díaz de la Campa, se empleará a modo de ejemplo para este flujograma el nombre del buque, Tinerfe, y el nombre de la compañía, DIMA, con el objetivo de hibridar el modelo de estructura del Sistema de Gestión impartido en el Máster con el Sistema de Gestión de la Naviera DIMA. *"De esta forma, SG_AP.4_DIMA_001 (SG_AP.4_Naviera_00X) dejará de ser un código abstracto y, siempre que aparezca, todo el mundo sabrá que se está ante una parte de la actividad de un departamento técnico de la naviera, de la inspección flota…etc."* (Sánchez Díaz de la Campa, 2017).

"La aplicación de este criterio puede dar lugar a que algunas IT tengan asociados códigos del área de RD" (Sánchez Díaz de la Campa, 2017). Por ejemplo, las reuniones de la junta de la Naviera DIMA son, dentro del SIG de DIMA, un proceso del área RD.1 (Revisión por la dirección). Estas reuniones están asociadas al buque y no a la Naviera, con lo que su código sería: SG_RD.1_TINERFE_XXX. Este código, identifica a las Reuniones de la Junta DIMA para el B/Q Tinerfe.

Si la Junta DIMA adoptara una nueva resolución que deba ser respetada por diversos procesos, entonces, a dichos procesos debe llegar un documento. El documento adoptará el siguiente código: SG_RD.1_TINERFE_XXX.ITXX. Código de una IT que procede de la Junta DIMA.

"*El código sirve para identificar unívocamente el documento y, de paso, nos da información de quién lo mantiene en mejora continua*. *En la mente del tripulante*

el proceso es algo reconocible dentro de su buque o naviera. Dar códigos debe ir acompañado de un reconocimiento del proceso dentro de la actividad del buque o naviera" (Sánchez Díaz de la Campa, 2017).

Imagen 1: *Estructura de un SIG impartido en el Máster.* ***Autor:*** *D. Francisco J. Díaz de La Campa.*

b) Por otro lado, ¿qué método se utiliza para nombrar un documento atendiendo al proceso que lo emplea?

Para responderla, se utilizará la lista de comprobación asociada al punto 9 del flujograma, que se corresponde con un punto de inspección (CHK). "*Conviene asignarle un código que identifique el proceso en el que se aplica e, incluso, el punto de inspección al que se aplica en caso de que hubiese varios en el mismo proceso. Se debe tener en cuenta que lo normal es que la lista se emplee durante la ejecución material del proceso y que, además, cuando el proceso termine, la lista quedará como registro (prueba de que se aplica el procedimiento)"* (Sánchez Díaz de la Campa, 2017).

Los procesos operativos se corresponden con los de navegación y los de las operaciones de carga, descarga y cuidado de la misma. En este caso, el código sería: SG_OP_Carga_*TINERFE*_XXX. Los procesos operativos son propios del buque Tinerfe y no tienen por qué ser comunes al resto de buques de la Naviera DIMA.

"*Debe quedar claro a qué buque de la Naviera se le aplica, el área de actividad operativa y, dentro de esta, si es proceso de navegación o de carga"* (Sánchez Díaz de la Campa, 2017).

"Una naviera con varios buques puede tener muchos procesos comunes a varios de ellos (incluso los de la propia Naviera), mientras que los procesos operativos han de ser diferentes. Los Sistemas de Gestión de cada buque se parecerán mucho salvo en los procesos operativos. Esto favorece que los tripulantes vayan de un buque a otro" (Sánchez Díaz de la Campa, 2017).

Para una mejor comprensión y seguimiento del diagrama de flujo, se expone la siguiente tabla que recoge la simbología que compone el mismo:

SÍMBOLOS DEL DIAGRAMA DE FLUJO	
SÍMBOLOS	**DESCRIPCIÓN DE LA SIMBOLOGÍA**
	Tarea inicial o final de la clase de actividad o proceso.
	Cualquier tarea dentro del flujograma distinta a la inicial y a la final.
	Punto de Decisón (PD) o Punto de Inspección (PI).
	Conectores de tareas. Indican la secuencia de tareas.
	Entradas y salidas.
	Conectores de tareas con las entradas y salidas.

Imagen 2: *Simbología del diagrama de flujo.* ***Autor:*** *Fuente propia en base a lo explicado en la asignatura Sistemas Integrados de Gestión impartida por D. Francisco J. Díaz de la Campa.*

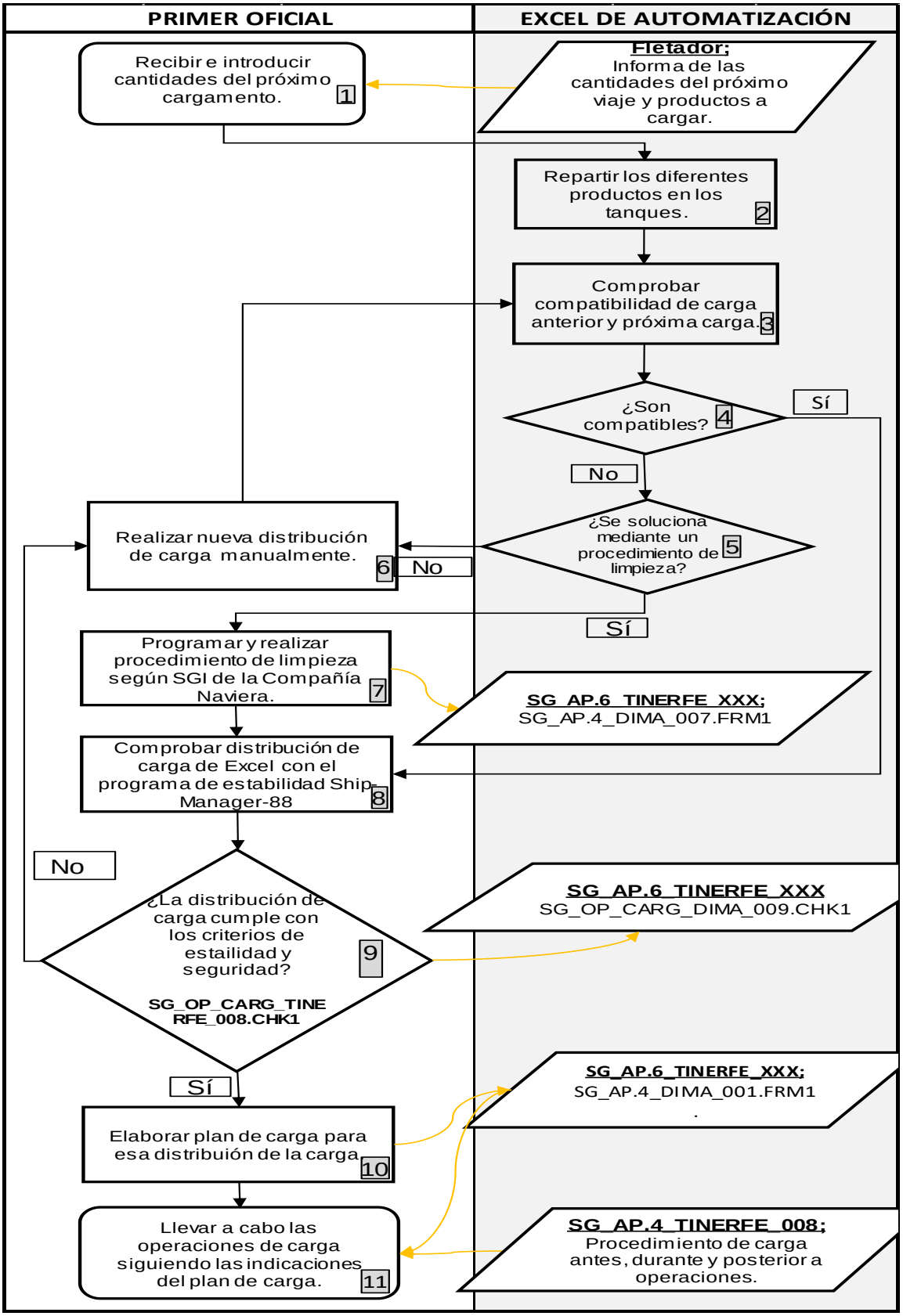


Imagen 3: *Diagrama de flujo.* ***Autor:*** *Fuente propia.*

NºTarea	Código SGI	Comentarios
1	SG_AP.4_DIMA_00X.ITX	IT detallando cómo recibir cantidades del próximo cargamento.
2, 3	SG_RD.1_TINERFE_004.ITX	Instrucción técnica con los detalles en castellano para la utilización de Excel Automatización de la distribución de carga.
4, 5	Norma incluida en: SG_AP.4_DIMA_005.ITX	Instrucción técnica con los detalles en castellano para compatibilidad de cargas.
6	SG_RD.1_TINERFE_006.ITX	Instrucción técnica con los detalles en castellano para elaboración de distribución de cargas a mano para el B/Tinerfe.
7	SG_AP.4_DIMA_007.FRM1	Formulario con los detalles en castellano para elaborar un de limpieza de tanques.
8	SG_RD.1_TINERFE_008.ITX	Instrucción técnica con los detalles y criterios en castellano para valorar si la distribución de carga cumple con la estabilidad.
9	SG_OP_CARG_TINERFE_009.CHK1	Lista de comprobación. Normas del punto de inspección.
10, 11	SG_AP.4_DIMA_001.FRM1	Formulario con los detalles y criterios en castellano para elaborar un plan de carga.

Imagen 4: *Tabla de la documentación asociada a cada una de las tareas del flujograma.*
Autor: *Fuente propia.*

Los principios que se siguen para la elaboración de los códigos correspondientes a las tareas: 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 8, fueron explicados en el apartado “a” y “b” anteriores.

La tarea 7 emplea el formulario con el código SG_AP.4_DIMA_007.FRM1, el cual representa un plan de operaciones de limpieza. En este documento se realiza una descripción de cómo deben efectuarse la limpieza de cada uno de los tanques y se rellena en el momento de programarla. Estas descripciones se realizan en formularios (documentos FRM). *“Los formularios son plantillas que se rellenan en cada una de las interacciones de un determinado proceso”* (Sánchez Díaz de la Campa, 2017).

El formulario debidamente rellenado describe la limpieza que debe realizarse en un determinado viaje XX/2018. Este formulario procede de la Naviera DIMA y, por ello, se le asigna un código del proceso “007” que lo mantiene en mejora continua.

“El formulario puede diagramarse como una salida que va dirigida a un proceso de AP.6 (control de los registros). Con ello se indica cómo se archiva el formulario una vez terminado el proceso operativo” (Sánchez Díaz de la Campa, 2017).

“Lo normal es que haya una tarea o proceso que complete el formulario (la tarea que planifica la actividad), mientras que, la otra tarea o proceso diferente realiza la actividad atendiendo a lo descrito en el formulario debidamente rellenado. Entonces, se genera una entrada y una salida. Este flujo del documento FRM puede unir dos tareas de un mismo proceso o tareas de procesos diferentes” (Sánchez Díaz de la Campa, 2017).

La tarea número 9 contiene un punto de inspección. En él se comprueba si la distribución de la carga cumple con los criterios de estabilidad y seguridad. En caso afirmativo, el flujograma continúa su secuencia, mientras que, si la respuesta es negativa, se debe realizar una nueva distribución de la carga de forma manual por el Primer Oficial. Pero ¿cuándo un documento "CHK" como el de la tarea 9 se convierte en una salida?

"El documento "CHK" se convierte en una salida cuando se archiva y se convierte con ello en un registro" (Sánchez Díaz de la Campa, 2017).

De esta forma, se crea una salida con código: SG_AP.6_TINERFE_XXX. *"Este código remarcado en negrita se corresponde con el proceso al que va dirigida la salida. Se trata de un proceso de control de registros que identifica una carpeta y unos criterios para archivar el documento. Estos criterios contienen información sobre el tiempo que debe conservarse la copia y qué debe hacerse cuando pase dicho tiempo"* (Sánchez Díaz de la Campa, 2017).

De una forma similar a la tarea 7, en la tarea 10 es necesario asociarle un proceso que planifique la carga, y que, al hacerlo se rellene el formulario que elabore un plan de carga para un viaje determinado XX/2018. La tarea 10 ejecuta materialmente el plan de carga. Finalmente, este formulario es, a su vez, una entrada para otras tareas de otros procesos, como puede ser la tarea 11 o el proceso de registros.

II.2.2.- Herramienta II: Función ESS Excel creada con Visual Basic

Los pilares de toda esta automatización se basan fundamentalmente en la función creada por José Ramón García Campos. Esta función de Excel ha sido creada mediante programación de código VBA (Visual Basic). En el archivo de Excel inicial, su autor lo presenta con el siguiente formato:

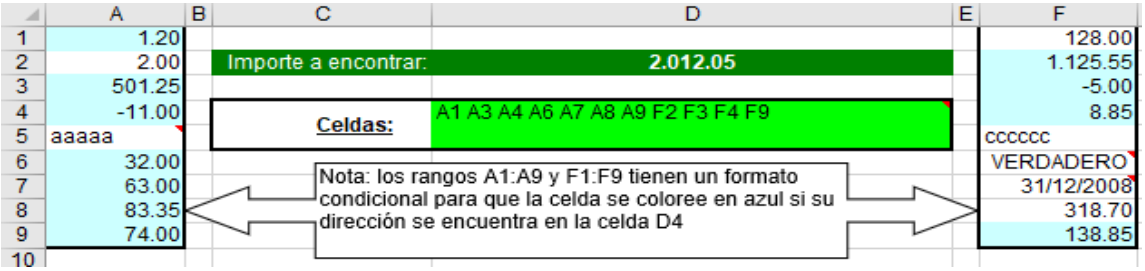


Imagen 5: *Función ESS (Encontrar Sumandos) creada con código VBA.* ***Autor:*** *José Ramón García Campos.*

NOTA 1: La función ESS (Encontrar SumandoS) acepta rangos múltiples, pero el número de celdas con números (es decir, las que tendrá que procesar la función) no puede exceder de 24, lo que en el PC donde he hecho las últimas pruebas --un Intel Core 2 Duo a 2,93 GHz.-- lleva alrededor de 2 segundos.

Sería posible modificar el código para que aceptara más celdas, pero según las pruebas que he realizado el tiempo de proceso máximo parece duplicarse con cada elemento adicional (cosa lógica si se considera que el número de combinaciones posible es 2^número de elementos-1), de forma que, por ejemplo en el PC mencionado la progresión es:

25 elementos (hasta 33.554.431 combinaciones): 5 segundos
26 elementos (hasta 67.108,863 combinaciones): 9 segundos
27 elementos (hasta 134.217.727 combinaciones): 17 segundos
28 elementos (hasta 268.435.455 combinaciones): 34 segundos
29 elementos (hasta 536.870.911 combinaciones): 1 minuto 8 segundos
... etcétera.

En cualquier caso, si alguien tiene un PC muy potente y quiere aumentar el número de celdas permitidas, lo único que tiene que hacer es modificar la instrucción

```
If n = 26 Then
```

sustituyendo 26 por el número de celdas que se desee como tope + 2 (por ejemplo, si se deseara que el tope fuese de 30 elementos, habría que sustituir 26 por 32).

(Es posible detener la ejecución del código pulsando Control Pausa simultáneamente...)

NOTA 2: Si el número de sumandos es grande, la función podría mejorar su rendimiento si están ordenados de menor a mayor. Lógicamente, sería posible que la propia función los ordenase, pero esto requeriría tiempo de proceso.

Imagen 6: *Notas función ESS (Encontrar Sumandos).* ***Autor:*** *José Ramón García Campos.*

La celda D4 es la celda que contiene la función =ESS (Encontrar Sumandos). *"Se usa la función para intentar encontrar los sumandos que totalizan el valor que tenga la celda D2 en los rangos A1:A9 y F1:F9"* (García Campos, 2009).

II.2.3.- Herramienta III: Tank Cleaning Guide

Una herramienta fundamental para el desarrollo de la automatización de la carga es la *Tank Cleaning Guide*. En esta guía, se establecen las compatibilidades entre productos y procedimientos de limpieza a seguir para poder cargar un producto diferente para el próximo viaje distinto al que había cargado anteriormente en el tanque.

Dicha guía, sigue la siguiente estructura. Una introducción, en la que principalmente explica cómo usar las *Cleaning Cross Table* (tablas cruzadas de compatibilidad entre productos), máquinas de limpieza, aditivos de limpieza, referencias a prescripciones del MARPOL… Además, se adjunta una tabla de limpieza entre productos de forma cruzada, procedimientos de limpieza basados en códigos, detalles de los diferentes productos y tabla de sinónimos de productos.

"Los datos y la información disponibles en esta guía se recopilan de una red global de expertos en limpieza y procedimientos que se recibieron de muchas compañías navieras" (Verwey's, 2015).

"Las cargas en esta guía se han seleccionado de los productos enumerados en el Código IBC y en las Directrices 50 HM (Hydrocarbon Management) del Energy Institute" (Verwey's, 2015).

II.2.4.- Herramienta IV: ISGOTT

La Guía ISGOTT, otra de las herramientas utilizadas y, a tener en cuenta a la hora de distribuir el próximo cargamento en los tanques de carga. *"La seguridad es crítica para la industria petrolera. ISGOTT se ha convertido en el trabajo de referencia estándar para la operación segura de los petroleros y las terminales a las que sirven"* (Companies, et al., 2006).

En esta guía, concretamente en su capítulo *"11.3 – Tank Cleaning"* se especifican los procedimientos complementarios a los descritos en la *Tank Cleaning Guide*, en donde se recomiendan los procedimientos operativos que se deben llevar a cabo para una limpieza del tanque de carga de forma correcta y segura.

II.2.5.- Herramienta V: Ship-Manager-88

Una distribución de la carga debe ir siempre acompañada de un cálculo de estabilidad que indique su idoneidad para llevar a cabo dichas operaciones.

Ship-Manager-88 es un programa informático para el cálculo de estabilidad y esfuerzos cortantes y flectores que sufre el buque.

Gracias al programa Ship-Manager-88 es posible comprobar con anterioridad si la distribución de la carga realizada por la automatización de Excel es válida y cumple con las condiciones de seguridad para materializar las operaciones de carga y descarga o lastre y deslastre.

II.3.- Metodología

En este apartado se describirá la guía que se ha seguido para la elaboración de esta automatización de la distribución de carga para el B/Q Tinerfe, así como la legislación aplicable para la compatibilidad de limpiezas. Dicha automatización se puede adaptar a otro buque tanque distinto a las características del B/Q Tinerfe. Simplemente habría que modificar una serie de datos propios del buque al que se pretenda calcular la distribución de carga.

1. Introducir en las columnas K, L y M las capacidades de cada uno de los tanques al 100% de llenado, al 98% de llenado y al 98% de llenado en valores enteros. De esta forma se calculará la distribución de carga utilizando una de las dos últimas columnas.

"Para el llenado de los tanques, el 98% será el volumen máximo que pueda alcanzar teniendo en cuenta todas las posibles variaciones en volumen debido a la temperatura de la carga" (García Soto, 2016).

"A menos que se especifique un límite superior en el certificado, el Capitán se asegurará de que el tanque de carga no se cargue a más del 98% de llenado" (Administrative Commitee of the Federal Register, 2017).

Además, *"MARPOL 73/78 (Edición 1.997), en el apéndice del Anexo I (Pto-2.2): Se establece que todos los tanques de carga deben respetar un margen del 2% de su capacidad"* (Bravo González, 2009)

Por este motivo, para el B/Q Tinerfe y para el desarrollo de este Excel se ha basado en el cálculo de la distribución de carga con los tanques al 98% de su capacidad.

2. Determinar mediante la siguiente función cuántas partidas de productos diferentes hay que distribuir: "=SI(M30=0; SI(M29=0;1;2);3)". Se sitúa en la celda M27.

	I	J	K	L	M	P	Q	R	S
24		CANTIDAD TOTAL QUE SE QUIERE CARGAR			18250.00	CANTIDAD TOTAL A CARGAR (m3)		18255.64	DIFERENCIAS
25		CANTIDAD MÁX. QUE SE PUEDE CARGAR			18255.64	CANTIDAD TOTAL	GOA	10000.17	0.16
26		NÚMERO DE PARTIDAS TOTALES			3	CANTIDAD TOTAL	JET A1	6021.91	21.91
27		1. PARTIDA MAYOR			10000.00	CANTIDAD TOTAL	GOB	2233.56	16.44
28		2. SEGUNDA PARTIDA MAYOR			6000.00	DIFERENCIAS ENTRE LO CARGADO Y LO PEDIDO X PROD.			38.52
29		3. TERCERA PARTIDA MAYOR			2250.00	DIFERENCIAS ENTRE LO CARGADO TOTAL Y LO PEDIDO			5.64
30								COMPARACIÓN	32.89
31									

Imagen 7: *Tabla donde se calcula el número de productos diferentes.* ***Autor:*** *Fuente propia.*

El programa es capaz de encontrar qué producto contiene la partida mayor mediante la fórmula “=K.ESIMO.MAYOR('Packing List'!D3:D9; 1)”, para la celda M28. De la misma forma, utilizando la misma fórmula se calcula la segunda y tercera partida mayor.

Una vez que se sabe la cantidad de la partida mayor, es necesario trasmitirle al programa a qué producto le corresponde dicha cantidad. Para ello, se utiliza la siguiente fórmula: “=SI(M28='Packing List'!D3; 'Packing List'!C3; SI('Reparto de cantidades'!M28='PackingList'!D4;'PackingList'!C4;SI('Repartodecantidades'!M28='Packing List'!D5; 'Packing List'!C5; SI('Reparto de cantidades'!M28='Packing List'!D6; 'Packing List'!C6; SI('Reparto de cantidades'!M28='Packing List'!D7; 'Packing List'!C7; SI('Reparto de cantidades'!M28='Packing List'!D8; 'Packing List'!C8; 'Packing List'!C9)))))” en la celda H2.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	CARGA ANTERIOR	CARGA SIGUIENTE	COMPATIBILIDAD	TANQUES	CAPACIDADES			
2	GOC	GOA	LIMPIAR	TC1B	1.148.15		PRIMERA PARTIDA A REPARTIR	
3	GOA	GOB	LIMPIAR	TC1E	1.157.63		PRODUCTO:	GOA
4	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC2B	1.272.92		Cantidad a calcular:	10.000.00
5	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC2E	1.272.82			
6	JET A1	JET A1	COMPATIBLE	TC3B	1.309.34		Celdas:	E2 E4 E5 E7 E8 E9 E10 E15
7	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC3E	1.309.23			
8	GOC	GOA	LIMPIAR	TC4B	1.236.44			
9	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC4E	1.236.21			
10	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC5B	1.458.29			
11	GNA 95	JET A1	LIMPIAR	TC5E	1.450.71			
12	GNA 95	JET A1	LIMPIAR	TC6B	1.451.32			
13	GOC	JET A1	LIMPIAR	TC6E	1.458.91			
14	GOA	GOB	LIMPIAR	TC7B	1.075.92			
15	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC7E	1.066.10			
16	GNA 95	JET A1	LIMPIAR	TC8E	351.63			
17								
18	GOC	GOA	LIMPIAR	TC1B	0.00		SEGUNDA PARTIDA A REPARTIR	
19	GOA	GOB	LIMPIAR	TC1E	1.157.63		PRODUCTO:	JET A1
20	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC2B	0.00		Cantidad a calcular:	6.000.00
21	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC2E	0.00			
22	JET A1	JET A1	COMPATIBLE	TC3B	1.309.34		Celdas:	E22 E27 E28 E29 E32
23	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC3E	0.00			
24	GOC	GOA	LIMPIAR	TC4B	0.00			
25	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC4E	0.00			
26	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC5B	0.00			
27	GNA 95	JET A1	LIMPIAR	TC5E	1.450.71			
28	GNA 95	JET A1	LIMPIAR	TC6B	1.451.32			

Imagen 8: *Tabla donde se detecta qué producto es el que tiene una partida mayor y cual la segunda, así como sus cantidades correspondientes a cargar.* ***Autor:*** *Fuente propia.*

Siguiendo el mismo criterio, se introduce una fórmula similar a la anterior para determinar qué producto es el que se tiene que distribuir en segundo lugar (celda H19). En caso de haber un tercer producto, se obtendría de la misma forma (H35).

3. Utilizar la función “Encontrar sumandos” (=ESS) creada por Jose Ramón García, para la distribución de las diferentes partidas de productos definidas en el punto

anterior. La función “=ESS” se aplica a la celda H6. Además, introducir la denominación para cada uno de los tanques de carga en la columna D, así como la capacidad correspondiente de cada uno de ellos en la columna E.

	A	B	C	D	E
1	CARGA ANTERIOR	CARGA SIGUIENTE	COMPATIBILIDAD	TANQUES	CAPACIDADES
2	GOC	GOA	LIMPIAR	TC1B	1.148.15
3	GOA	GOB	LIMPIAR	TC1E	1.157.63
4	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC2B	1.272.92
5	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC2E	1.272.82
6	JET A1	JET A1	COMPATIBLE	TC3B	1.309.34
7	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC3E	1.309.23
8	GOC	GOA	LIMPIAR	TC4B	1.236.44
9	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC4E	1.236.21
10	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC5B	1.458.29
11	GNA 95	JET A1	LIMPIAR	TC5E	1.450.71
12	GNA 95	JET A1	LIMPIAR	TC6B	1.451.32
13	GOC	JET A1	LIMPIAR	TC6E	1.458.91
14	GOA	GOB	LIMPIAR	TC7B	1.075.92
15	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC7E	1.066.10
16	GNA 95	JET A1	LIMPIAR	TC8E	351.63

	G	H
	PRIMERA PARTIDA A REPARTIR	
	PRODUCTO:	GOA
	Cantidad a calcular:	10.000.00
	Celdas:	E2 E4 E5 E7 E8 E9 E10 E15

Imagen 9: *Reparto de cantidades basado en la función “=ESS” para la partida de producto mayor.*
Autor: *Fuente propia*

Las casillas correspondientes a la imagen 9 se repetirán tantas veces como el número de productos diferentes se quiera cargar. En el caso del B/Q Tinerfe, se ha repetido esta acción tres veces, pues el máximo de productos que frecuenta transportar se corresponde con tres.

4. Seleccionar las celdas de la columna E – *Capacidades de los tanques*, seleccionar *formato condicional* y seguidamente administrar reglas, nueva regla, introducir “=ENCONTRAR(SUSTITUIR(CELDA("DIRECCION";E2);"$";"")&"";$H$5)” y seleccionar un color.

De esta forma, se consigue que el programa destaque mediante el color elegido, qué tanques va a utilizar para calcular la distribución de carga de la partida del producto seleccionado.

Estos valores de las capacidades de los tanques de carga se obtienen vinculando a las celdas L5:L19 que contienen las capacidades de los tanques al 98%.

5. Hay que trasmitirle al programa que los tanques seleccionados en el reparto del primer producto no pueden ser utilizados para el cálculo del reparto del segundo producto.

Para ello, se le trasmite al programa de la siguiente forma “=SI(ESTEXTO(N5); 0; L5)” para la primera celda de la capacidad de tanques para el reparto del segundo producto. De esta forma, si la celda N5 contiene literalmente texto, es decir, contiene GNA 95, GNA 98; JET A1, GOA, GOB o GOC, entonces esta celda indicará el valor de “0” y no se tendrá en cuenta para el próximo reparto.

	A	B	C	D	E
17					
18	GOC	GOA	LIMPIAR	TC1B	0.00
19	GOA	GOB	LIMPIAR	TC1E	1.157.63
20	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC2B	0.00
21	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC2E	0.00
22	JET A1	JET A1	COMPATIBLE	TC3B	1.309.34
23	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC3E	0.00
24	GOC	GOA	LIMPIAR	TC4B	0.00
25	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC4E	0.00
26	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC5B	0.00
27	GNA 95	JET A1	LIMPIAR	TC5E	1.450.71
28	GNA 95	JET A1	LIMPIAR	TC6B	1.451.32
29	GOC	JET A1	LIMPIAR	TC6E	1.458.91
30	GOA	GOB	LIMPIAR	TC7B	1.075.92
31	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC7E	0.00
32	GNA 95	JET A1	LIMPIAR	TC8E	351.63

SEGUNDA PARTIDA A REPARTIR	
PRODUCTO:	JET A1
Cantidad a calcular:	6.000.00

Celdas:	E22 E27 E28 E29 E32

Imagen 10: *Reparto de cantidades del segundo producto. No cuenta los tanques utilizados en la primera distribución del primer producto.* ***Autor:*** *Fuente propia*

De igual forma que el reparto del segundo producto no emplea los tanques utilizados en la primera distribución del primer producto, el reparto del tercer producto no utilizará los tanques seleccionados en la primera distribución ni los empleados en la segunda distribución.

6. Una vez se obtienen los tanques en los que se cargará el primer producto, se enlazará a la columna N para obtener en la columna P la distribución final. Para ello, se emplea la siguiente fórmula:

“=SI(ENCONTRAR("E2";H6;1);H3;SI(ENCONTRAR("E18";H22;1);H19;SI(ENCONTRAR("E34";H38;1);H35;"VACÍO")))”. Esta fórmula se explicará con un ejemplo para una mejor comprensión.

Si la celda que contiene la capacidad de tanque del TC1B (E2), se encuentra seleccionada para el reparto del primer producto, entonces en la celda N5 de la columna N aparecerá el nombre de dicho producto. En caso negativo, aparecerá “#¡VALOR!”.

	J	K	L	M	N	O	P	Q
3	TANQUES	CAPACIDAD	CAPACIDAD	VALORES	DISTRIBUCIÓN	DISTRIBUCIÓN	DISTRIBUCIÓN	TANQUES
4	DE CARGA	TOTAL(m3)	98%(m3)	ENTEROS	PRIMERA PARTIDA	SEGUNDA PARTIDA	FINAL	DE CARGA
5	TC1B	1171.580	1148.148	1148.000	GOA	GOA	GOA	TC1B
6	TC1E	1181.260	1157.635	1157.000	#¡VALOR!	#¡VALOR!	GOB	TC1E
7	TC2B	1298.900	1272.922	1272.000	GOA	GOA	GOA	TC2B
8	TC2E	1298.800	1272.824	1272.000	GOA	GOA	GOA	TC2E
9	TC3B	1336.060	1309.339	1309.000	#¡VALOR!	JET A1	JET A1	TC3B
10	TC3E	1335.950	1309.231	1309.000	GOA	GOA	GOA	TC3E
11	TC4B	1261.670	1236.437	1236.000	GOA	GOA	GOA	TC4B
12	TC4E	1261.440	1236.211	1236.000	GOA	GOA	GOA	TC4E
13	TC5B	1488.050	1458.289	1458.000	GOA	GOA	GOA	TC5B
14	TC5E	1480.320	1450.714	1450.000	#¡VALOR!	JET A1	JET A1	TC5E
15	TC6B	1480.940	1451.321	1451.000	#¡VALOR!	JET A1	JET A1	TC6B
16	TC6E	1488.680	1458.906	1458.000	#¡VALOR!	JET A1	JET A1	TC6E
17	TC7B	1097.880	1075.922	1075.000	#¡VALOR!	#¡VALOR!	GOB	TC7B
18	TC7E	1087.860	1066.103	1066.000	GOA	GOA	GOA	TC7E
19	TC8E	370.140	351.633	351.000	#¡VALOR!	JET A1	JET A1	TC8E
20	TSLOP BR	LAVAZAS	LAVAZAS	LAVAZAS	LAVAZAS	LAVAZAS	LAVAZAS	TSLOP BR
21		Total=	18255.6352	18248				

Imagen 11: *Distribución de la primera partida, segunda partida y partida final.* ***Autor:*** *Fuente propia*

Basándose en una fórmula similar y una vez conocidos los tanques seleccionados para el reparto del segundo producto, se utiliza la siguiente fórmula para obtener una representación esquemática de la distribución de carga contando con la distribución del segundo producto:

“=SI(ESTEXTO(N5);N5;SI(ENCONTRAR("E18";H22;1);H19;SI(ENCONTRAR("E34";H38;1);H35;"VACÍO")))”

En caso de que las celdas que contienen las capacidades de tanques se encuentren en el reparto del primer producto, se obtendrá el nombre de dicho producto en la columna O de la distribución de la segunda partida. De igual forma, ocurre con los tanques seleccionados para el segundo producto, indicando el nombre del mismo en la columna O.

Finalmente, para la columna de la distribución final, se utiliza la siguiente fórmula, similar a las de las columnas N y O:

“=SI(ESTEXTO(O5);O5;SI(ENCONTRAR("E34";H38;1);H35;"VACÍO"))”

La celda de la columna P obtiene referencias de la columna anterior, la columna N, y los tanques seleccionados para el reparto del tercer producto. De esta forma, si la columna N contiene el nombre de cualquiera de los productos mencionados anteriormente, se indicará el mismo producto en la columna P. Si por el contrario, no contiene texto y ese tanque se encuentra seleccionado en el reparto del tercer producto, entonces se indicará el nombre del tercer producto. Por último, si no

contiene ni la cumple la primera premisa ni la segunda, el programa indicará por defecto "#¡VALOR!", reflejando que el tanque queda vacío y por lo tanto, no se cargará. En este tipo de casos se deberá tener en cuenta los esfuerzos flectores y cortantes.

Finalmente, se obtiene una distribución final del cargamento de forma esquemática indicando el producto que se cargará y el tanque al que corresponde.

7. En la misma pestaña *Reparto de Cantidades,* se comparan las cantidades cargadas con las solicitadas por el fletador, explicado en la *Aplicación Práctica* del presente trabajo.

Para ello, la cantidad total que se requiere cargar, celda M24, se encuentra vinculada con la suma total de los productos solicitados de la pestaña *Packing List*.

La cantidad máxima que el buque Tinerfe puede transportar se corresponde con la suma de la totalidad de sus tanques de carga llenos al 98% de su capacidad. Se vincula la celda M25 con la celda L21.

	I	J	K	L	M	P	Q	R	S
24		CANTIDAD TOTAL QUE SE QUIERE CARGAR			18250.00	CANTIDAD TOTAL A CARGAR (m3)		18255.64	DIFERENCIAS
25		CANTIDAD MÁX. QUE SE PUEDE CARGAR			18255.64	CANTIDAD TOTAL	GOA	10000.17	0.16
26		NÚMERO DE PARTIDAS TOTALES			3	CANTIDAD TOTAL	JET A1	6021.91	21.91
27		1. PARTIDA MAYOR			10000.00	CANTIDAD TOTAL	GOB	2233.56	16.44
28		2. SEGUNDA PARTIDA MAYOR			6000.00	DIFERENCIAS ENTRE LO CARGADO Y LO PEDIDO X PROD.			38.52
29		3. TERCERA PARTIDA MAYOR			2250.00	DIFERENCIAS ENTRE LO CARGADO TOTAL Y LO PEDIDO			5.64
30								COMPARACIÓN	32.89

Imagen 12: *Tabla comparativa de la distribución automatizada que cargaría el buque y lo solicitado por el fletador.* ***Autor:*** *Fuente propia*

En el margen derecho de la imagen 12 se encuentran las diferencias entre lo cargado y lo que se solicita cargar. Para ello, el primer paso es calcular la suma de las capacidades de los tanques al 98% del mismo producto (R26, R27 y R28). Para conseguirlo, se utiliza las siguientes fórmulas de Excel:

"=SI(Q27="GNA95";SUMAR.SI.CONJUNTO(L5:L19;P5:P19;"=GNA95");SI(Q27="GNA98";SUMAR.SI.CONJUNTO(L5:L19;P5:P19;"=GNA98");SI(Q27="JETA1";SUMAR.SI.CONJUNTO(L5:L19;P5:P19;"=JETA1");SI(Q27="GOA";SUMAR.SI.CONJUNTO(L5:L19;P5:P19;"=GOA");SI(Q27="GOB";SUMAR.SI.CONJUNTO(L5:L19;P5:P19;"=GOB");SUMAR.SI.CONJUNTO(L5:L19;P5:P19;"=GOC"))))))"

	J	K	L	M	P	Q	R	S
3	TANQUES	CAPACIDAD	CAPACIDAD	VALORES	DISTRIBUCIÓN	TANQUES		
4	DE CARGA	TOTAL(m3)	98%(m3)	ENTEROS	FINAL	DE CARGA		
5	TC1B	1171.580	1148.148	1148.000	GOA	TC1B		
6	TC1E	1181.260	1157.635	1157.000	GOB	TC1E		
7	TC2B	1298.900	1272.922	1272.000	GOA	TC2B		
8	TC2E	1298.800	1272.824	1272.000	GOA	TC2E		
9	TC3B	1336.060	1309.339	1309.000	JET A1	TC3B		
10	TC3E	1335.950	1309.231	1309.000	GOA	TC3E		
11	TC4B	1261.670	1236.437	1236.000	GOA	TC4B		
12	TC4E	1261.440	1236.211	1236.000	GOA	TC4E		
13	TC5B	1488.050	1458.289	1458.000	GOA	TC5B		
14	TC5E	1480.320	1450.714	1450.000	JET A1	TC5E		
15	TC6B	1480.940	1451.321	1451.000	JET A1	TC6B		
16	TC6E	1488.680	1458.906	1458.000	JET A1	TC6E		
17	TC7B	1097.880	1075.922	1075.000	GOB	TC7B		
18	TC7E	1087.860	1066.103	1066.000	GOA	TC7E		
19	TC8E	370.140	351.633	351.000	JET A1	TC8E		
20	TSLOP BR	LAVAZAS	LAVAZAS	LAVAZAS	LAVAZAS	TSLOP BR		
21		Total=	18255.6352	18248				
22								
23								
24								
25	CANTIDAD TOTAL QUE SE QUIERE CARGAR			18250.00	CANTIDAD TOTAL A CARGAR (m3)		18255.64	DIFERENCIAS
26	CANTIDAD MÁX. QUE SE PUEDE CARGAR			18255.64	CANTIDAD TOTAL	GOA	SUMAR.SI.CONJUNT	0.16
27	NUMERO DE PARTIDAS TOTALES			3	CANTIDAD TOTAL	JET A1	6021.91	21.91
28	1. PARTIDA MAYOR			10000.00	CANTIDAD TOTAL	GOB	2233.56	16.44
29	2. SEGUNDA PARTIDA MAYOR			6000.00	DIFERENCIAS ENTRE LO CARGADO Y LO PEDIDO X PROD.			38.52
30	3. TERCERA PARTIDA MAYOR			2250.00	DIFERENCIAS ENTRE LO CARGADO TOTAL Y LO PEDIDO			5.64
31							COMPARACIÓN	32.89

Imagen 13: *Suma total del producto que tiene la partida mayor en función de los tanques que se hayan utilizado para su distribución.* ***Autor:*** *Fuente propia*

La función principalmente comienza detectando el producto que contiene la celda Q26 mediante funciones "=SI…" anidadas. Una vez detectado el producto, busca qué tanques contienen ese producto en la columna P, y, respectivamente, suma todas las capacidades al 98% de la columna L.

Una vez que se tiene el valor total de la cantidad del primer producto que se ha cargado, se puede comparar con lo que ha solicitado el fletador. En este caso en particular, el fletador solicitaba cargar, 10.000m^3 de GOA. El B/Q Tinerfe cargaría 10.000,17m^3 con una diferencia de 0,16m^3 (celda S26). Para este cálculo, se utiliza la fórmula "=ABS(R26-M28)".

De igual forma que se ha calculado el valor de la celda R26, se obtienen los valores de las celdas R27 y R28, correspondientes a la segunda y tercera partida. Asimismo, también se puede calcular las celdas S27 y S28, representativas de las diferencias.

8. El siguiente paso será calcular la suma total de cada una de las diferencias individuales de cada producto en la celda S29 mediante la siguiente función: "=SUMA(ABS(S26)+ABS(S27)+ABS(S28))".

9. Una vez calculada la suma de diferencias individuales, se calcula la diferencia total de la cantidad total cargada y la cantidad total que solicitaba cargar el fletador. Se aplica la función “=ABS(R25)-ABS('Packing List'!D10) “ a la celda S30.

10. Obtenidos los puntos 8 y 9, se calcula la diferencia, consiguiendo de esta forma un valor representativo de la optimización de la distribución realizada. Cuanto menor sea el valor de la celda S31, habrá sido una distribución calculada lo más optima óptima posible. Mientras que, un valor mayor implicaría un mayor error en el cálculo, y por lo tanto, mayores diferencias con el fletador.

11. Otro punto fundamental a tener en cuenta es el estudio de la compatibilidad de la distribución realizada por el programa y la distribución del cargamento anterior. Para ello es necesario consultar las *Cleaning Cross Table* (tablas cruzadas de compatibilidad entre productos) de la *Tank Cleaning Guide*.

	A	B	C	D	E
1	CARGA ANTERIOR	CARGA SIGUIENTE	COMPATIBILIDAD	TANQUES	CAPACIDADES
2	GOC	GOA	LIMPIAR	TC1B	1.148.15
3	GOA	GOB	LIMPIAR	TC1E	1.157.63
4	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC2B	1.272.92
5	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC2E	1.272.82
6	GOA	JET A1	NO	TC3B	1.309.34
7	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC3E	1.309.23
8	GOC	GOA	LIMPIAR	TC4B	1.236.44
9	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC4E	1.236.21
10	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC5B	1.458.29
11	GNA 95	JET A1	LIMPIAR	TC5E	1.450.71
12	GOA	JET A1	NO	TC6B	1.451.32
13	GOC	JET A1	LIMPIAR	TC6E	1.458.91
14	GOC	GOB	LIMPIAR	TC7B	1.075.92
15	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC7E	1.066.10
16	GNA 95	JET A1	LIMPIAR	TC8E	351.63

	G	H
	PRIMERA PARTIDA A REPARTIR	
	PRODUCTO:	GOA
	Cantidad a calcular:	10.000.00
	Celdas:	E2 E4 E5 E7 E8 E9 E10 E15

Imagen 14: *Tabla comparativa que estudia la compatibilidad de la distribución anterior con la nueva distribución calculada por el programa.* ***Autor:*** *Fuente propia*

Para establecer los criterios de compatibilidad se ha utilizado las siguientes funciones de Excel:

	A	B	C
1	CARGA ANTERIOR	CARGA SIGUIENTE	COMPATIBILIDAD
2	GOC	GOA	"LIMPIAR"))

Imagen 15: *Fórmula de la celda C2 para indicar la compatibilidad entre distribuciones de carga.* ***Autor:*** *Fuente propia*

“=SI(A2=B2;"COMPATIBLE";SI(Y(A2="GOA";B2="JETA1");"NO";"LIMPIAR"))”

De la función anterior se deduce que, si el producto cargado anteriormente en el tanque es el mismo que se requiere cargar, no es necesario realizar una limpieza de

tanque. Por el contrario, si el producto anterior, es diferente al producto que va a ser cargado habrá que tener en cuenta:

- Si el tanque contuvo GOA, podrá cargar cualquier otro producto de los indicados excepto JET A1.

- Si el tanque no contuvo GOA sino otro producto diferente, podrá cargarse cualquiera de los otros productos indicados por medio de una limpieza.

Los procedimientos de limpieza se explicarán en el punto 13.

12. En la pestaña del documento Excel, *Distribución de Carga*, se representa una figura del buque indicando qué producto carga cada tanque. Para ello, se ha relacionado las celdas que simbolizan los tanques con las celdas P5:P19 de la pestaña *Reparto de cantidades.* De esta forma se obtiene a simple vista una representación gráfica de la próxima distribución de carga.

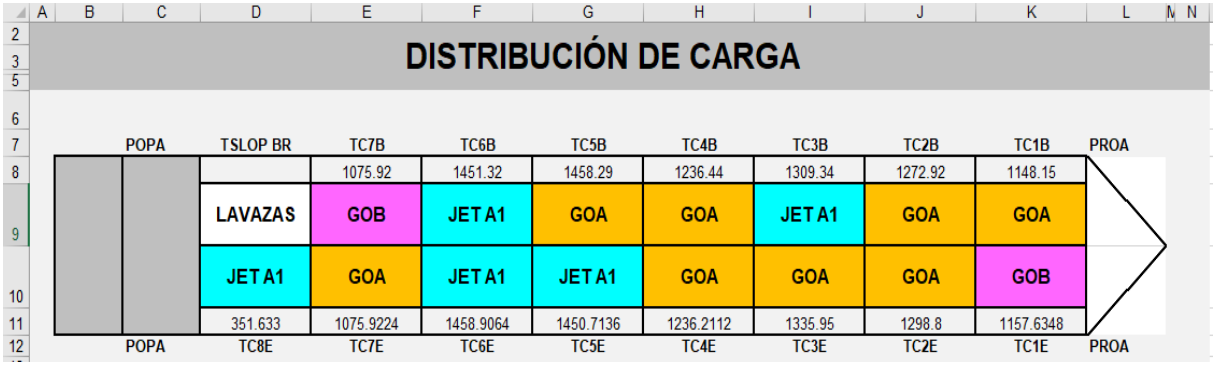


Imagen 16: *Representación gráfica de la distribución de carga calculada.* ***Autor:*** *Fuente propia*

13. En la misma pestaña, se exponen los procedimientos de limpieza que se deberán llevar a cabo para garantizar la calidad del próximo producto a cargar en cada tanque.

Para ello, se introducen en el programa Excel las recomendaciones de la *Tank Cleaning Guide*. Esta guía contiene recomendaciones sobre los procedimientos de limpieza a seguir para poder cargar un producto diferente del que había anteriormente en el tanque.

"La tabla de procedimientos sitúa los productos que se van a descargar y a limpiar en la parte izquierda de la tabla. A cada producto le corresponde un número asignado" (Verwey's, 2015).

"Los requisitos de limpieza para el próximo producto que va a ser cargado, se establecen en los procedimientos de limpieza. La búsqueda de los números asignados a cada producto que va a ser cargado se encuentra en la parte superior de la tabla." (Verwey's, 2015).

"Los procedimientos de limpieza aplicable se encuentran recogidos y explicados por medio de códigos de letras específicos" (Verwey's, 2015).

Por ejemplo:

1. Producto de la carga anterior en TC1B: Gasolina sin plomo (número 175).
2. Producto de la carga siguiente en TC1B: Jet-A1 (número 209).
3. Código de procedimiento de limpieza según *Tank Cleaning Guide*: HH.
4. Procedimiento de limpieza HH según *Tank Cleaning Guide*:
    - *4.1 Máquina de limpieza de tanques Butterworth utilizando agua de mar a temperatura ambiente durante 1 hora.*
    - *4.2 Lavado con agua dulce a temperatura ambiente durante 20 minutos.*
    - *4.3 Reachique de tanque y drenaje de líneas.*
    - *4.4 Purgado de tanques. (Menos del 2% de volumen de hidrocarburo).*
    - *4.5 Ventilar los tanques, también conocido como gas free en inglés.*
    - *4.6 Ventilar, mopear y secar.*

El siguiente paso es introducir en el programa Excel los criterios de limpieza recomendados en la *Tank Cleaning Guide*. Para ello, habrá que tener en cuenta el producto que se ha cargado en cada uno de los tanques en el cargamento anterior (columna D y E) y el producto seleccionado por la distribución de carga automatizada (columna F y G). Basándose en estos criterios, el programa indica qué procedimiento de limpieza se tiene que llevar a cabo. Para el método de limpieza (columna H e I) se utiliza la siguiente función:

"=SI(D28=F28;"-";SI(D28="GNA95";SI(F28="JETA1";"L+V+S+I";"L+V+I");
SI(D28="GNA98";SI(F28="JETA1";"L+V+S+I";"L+V+I");SI(F28="JETA1";"L+V+S+I";"
L"))))".

La función anterior le corresponde a la celda H28 correspondiente al TC1B. Para el resto de los tanques, se emplea una fórmula similar.

	C	D	E	F	G	H	I
27	TANQUES	CARGAMENTO ANTERIOR		CARGAMENTO SIGUIENTE		MÉTODO DE LIMPIEZA	
28	TC1B	GOC		GOA		L	
29	TC1E	GOA		GOB		L	
30	TC2B	GOA		GOA		-	
31	TC2E	GOA		GOA		-	
32	TC3B	JET A1		JET A1		-	
33	TC3E	GOA		GOA		-	
34	TC4B	GOC		GOA		L	
35	TC4E	GOA		GOA		-	
36	TC5B	GOA		GOA		-	
37	TC5E	GNA 95		JET A1		L+V+S+I	
38	TC6B	GNA 95		JET A1		L+V+S+I	
39	TC6E	GOC		JET A1		L+V+S+I	
40	TC7B	GOA		GOB		L	
41	TC7E	GOA		GOA		-	
42	TC8E	GNA 95		JET A1		L+V+S+I	
43	TSLOP BR	LAVAZAS		LAVAZAS		-	

Imagen 17: *Representación gráfica de la distribución de carga calculada.* ***Autor:*** *Fuente propia*

El programa también proporciona una representación gráfica de forma rápida y simple de los procedimientos de limpieza a seguir para cada uno de los tanques. Por lo tanto, se ha relacionado las celdas que simbolizan cada uno de los tanques con las celdas H28:H42.

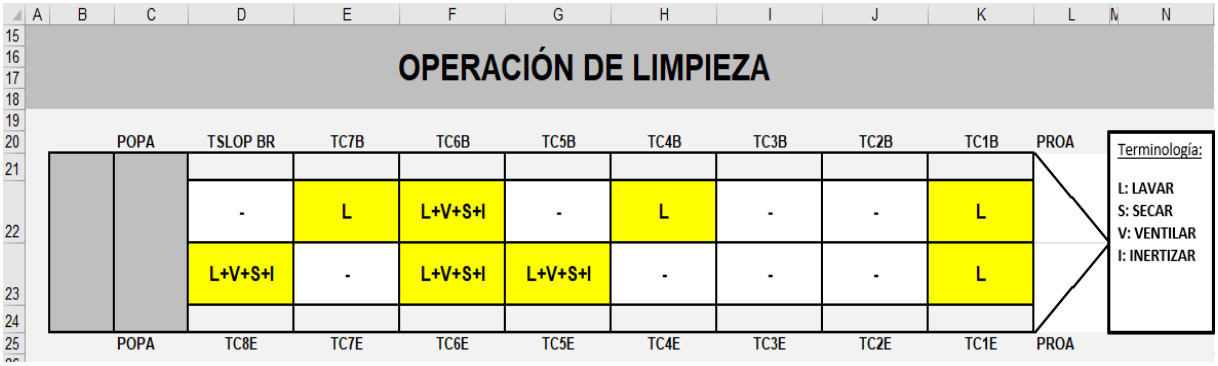


Imagen 18: *Representación gráfica de la operación de limpieza que se deberá realizar para garantizar la calidad del próximo cargamento.* ***Autor:*** *Fuente propia*

Los códigos que aparecen en la representación gráfica se corresponden con los procedimientos de la *Tank Cleaning Guide*:

5 L: Lavar el tanque, normalmente con agua salada o dulce.
6 S: Secar el tanque. Una vez se reachica el tanque, se debe secar, es decir, eliminar prácticamente todo el producto que queda en el poceto de la bomba.
7 V: Ventilar el tanque, según procedimientos recomendados por ISGOTT.
8 I: Inertizar el tanque después de ventilar.

Todos estos procedimientos a seguir se encuentran recomendados en la guía ISGOTT.

9. Finalmente, se debe verificar la distribución realizada por el programa Excel con el programa de estabilidad del buque. En el caso del B/Q Tinerfe, se verifica con el programa de estabilidad y esfuerzos Ship-Manager-88.

III.- Aplicación práctica

III.1.1.- Packing List

En este apartado se explicará cómo funciona el programa y en qué se basa.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1					Packing List						
2		PRODUCTO	CÓDIGO	CANTIDAD (m^3)	CANTIDAD (kg)	DENSIDAD a 15ºC	TEMPERATURA (ºC)	VISCOSIDAD (cSt)	VCF	PUERTO DE CARGA	PUERTO DE DESCARGA
3	1	GASOLINA 95	GNA 95	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	PUERTO DE CASTELLÓN	PUERTO PALMA DE MALLORCA
4	2	GASOLINA 98	GNA 98	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	PUERTO DE CASTELLÓN	PUERTO PALMA DE MALLORCA
5	3	GASOIL A	GOA	15000	12345.0912	0.8352	28.3	3	0.9854	PUERTO DE CASTELLÓN	PUERTO PALMA DE MALLORCA
6	4	GASOIL B	GOB	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	5	GASOIL C	GOC	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	6	KEROSSENO	JET A1	3250	2574.910943	0.8059	22.3	3.63	0.9831	PUERTO DE CASTELLÓN	PUERTO PALMA DE MALLORCA
9	7	OTRO	OTRO	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10			TOTAL=	18250							
11											

Imagen 19: *Pestaña de Packing List en el Excel.* ***Autor:*** *Fuente propia.*

En la primera pestaña del programa se encuentra el *Packing List*. Se trata de un documento que contiene los productos que se van a cargar, así como las cantidades en toneladas de los mismos, volumen en metros cúbicos a 15ºC, puertos de carga y descarga o propiedades físicas del producto como la densidad o viscosidad.

Se debe introducir las cantidades de, como máximo 3 productos diferentes, en las celdas D3:D7, que coinciden con las celdas coloreadas de amarillo.

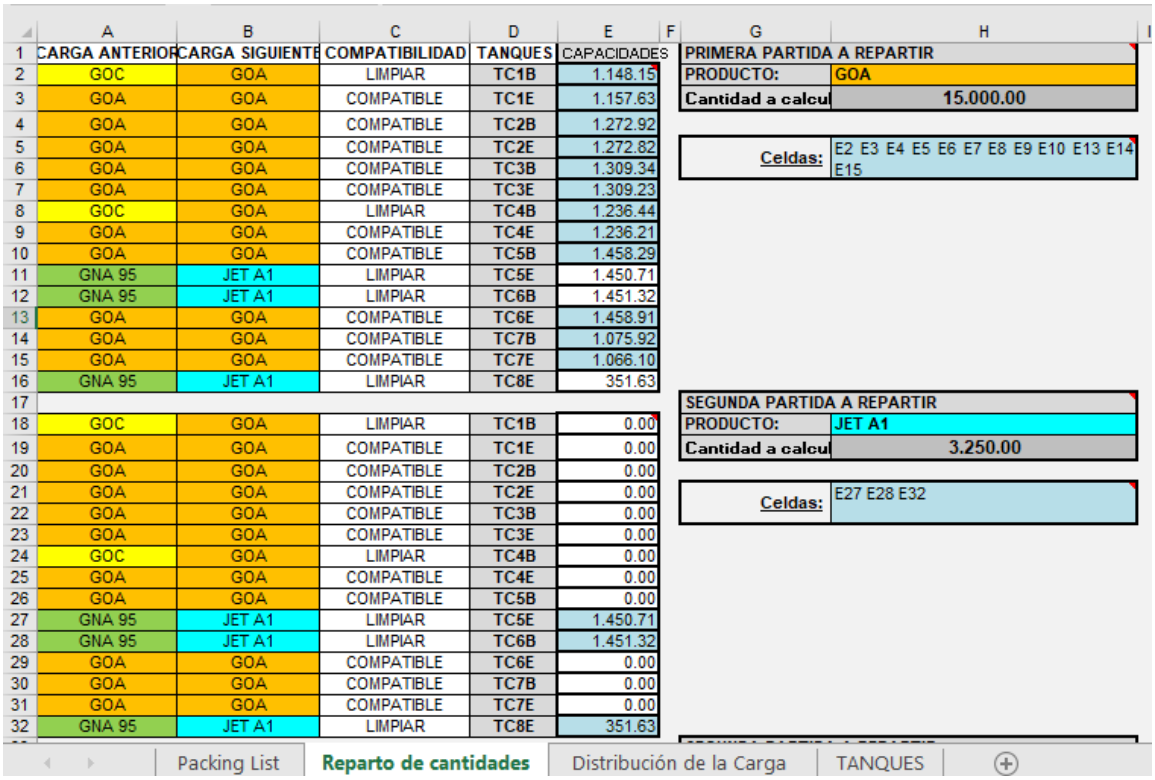
Dado que esta automatización está hecha para el B/Q Tinerfe, se tendrá en cuenta la capacidad máxima del buque al 98% del total, que se corresponde con 18.255,63 m^3. Como es evidente, el fletador no pasará dicha cantidad exacta, sino que aproximará, por ejemplo valores redondos entre 18.250 o 18.300 m^3 teniendo siempre en cuenta que se crearán diferencias de cantidades respecto al buque. En caso de que, la cantidad supere los 18300, la celda se pondrá en rojo indicando que se deben modificar las cantidades.

III.1.2.- Reparto de cantidades

En la pestaña Reparto de cantidades del documento Excel será donde se realice de forma automáticamente la distribución del nuevo cargamento. Para ello utilizará la “Herramienta I” creada por José Ramón García.

Además, el programa nos dará automáticamente la viabilidad para la carga, comparando la compatibilidad entre el producto cargado en cada uno de los tanques y el producto que cargará en el siguiente viaje (celdas C2:C43). En caso de ser

compatible, se podrá cargar sin tener que realizar ningún tipo de limpieza previa. En caso de que la celda de la “columna C” contenga la palabra “limpiar”, se deberá seguir el procedimiento de limpieza indicado en la pestaña *Distribución de carga* del programa. Por último, en caso de que la celda de la “columna C” contenga la palabra “No” en color rojo, no se podrá cargar ese producto en ese tanque y se deberá realizar una nueva distribución de la carga de forma manual.



	A	B	C	D	E
1	CARGA ANTERIOR	CARGA SIGUIENTE	COMPATIBILIDAD	TANQUES	CAPACIDADES
2	GOC	GOA	LIMPIAR	TC1B	1.148.15
3	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC1E	1.157.63
4	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC2B	1.272.92
5	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC2E	1.272.82
6	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC3B	1.309.34
7	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC3E	1.309.23
8	GOC	GOA	LIMPIAR	TC4B	1.236.44
9	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC4E	1.236.21
10	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC5B	1.458.29
11	GNA 95	JET A1	LIMPIAR	TC5E	1.450.71
12	GNA 95	JET A1	LIMPIAR	TC6B	1.451.32
13	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC6E	1.458.91
14	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC7B	1.075.92
15	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC7E	1.066.10
16	GNA 95	JET A1	LIMPIAR	TC8E	351.63
17					
18	GOC	GOA	LIMPIAR	TC1B	0.00
19	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC1E	0.00
20	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC2B	0.00
21	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC2E	0.00
22	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC3B	0.00
23	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC3E	0.00
24	GOC	GOA	LIMPIAR	TC4B	0.00
25	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC4E	0.00
26	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC5B	0.00
27	GNA 95	JET A1	LIMPIAR	TC5E	1.450.71
28	GNA 95	JET A1	LIMPIAR	TC6B	1.451.32
29	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC6E	0.00
30	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC7B	0.00
31	GOA	GOA	COMPATIBLE	TC7E	0.00
32	GNA 95	JET A1	LIMPIAR	TC8E	351.63

G	H
PRIMERA PARTIDA A REPARTIR	
PRODUCTO:	GOA
Cantidad a calcul	15.000.00
Celdas:	E2 E3 E4 E5 E6 E7 E8 E9 E10 E13 E14 E15
SEGUNDA PARTIDA A REPARTIR	
PRODUCTO:	JET A1
Cantidad a calcul	3.250.00
Celdas:	E27 E28 E32

Packing List | Reparto de cantidades | Distribución de la Carga | TANQUES

Imagen 20: *Reparto de cantidades y compatibilidad.* ***Autor:*** *Fuente propia.*

El programa comienza distribuyendo el producto que tenga la partida mayor. En este caso, la partida mayor es la de GOA. Los tanques que sumen la cantidad más próxima a la cifra especificada en la celda H2 se colorearán de azul clarito.

Una vez que el programa distribuya la partida mayor, continua con la segunda partida mayor, de la misma forma que la anterior, pero en este caso solo puede distribuir dicho producto en los tanques que no se hayan utilizado en la distribución de la partida mayor.

En caso de que hubiese tres productos a distribuir, se aplicaría el mismo procedimiento anterior para el cálculo de la distribución de la tercera partida mayor.

Una vez realizado el reparto de cantidades de la carga por medio de la herramienta de VBA de Excel, la distribución de carga se muestra junto con la tabla de capacidad de los tanques total, al 98% del total y en valores enteros. Se ha supuesto una distribución a través de las capacidades al 98% del total, ya que son los valores que más se acercan a la realidad.

TANQUES DE CARGA	CAPACIDAD TOTAL(m3)	CAPACIDAD 98%(m3)	VALORES ENTEROS	DISTRIBUCIÓN FINAL	TANQUES DE CARGA
TC1B	1171.580	1148.148	1148.000	GOA	TC1B
TC1E	1181.260	1157.635	1157.000	GOA	TC1E
TC2B	1298.900	1272.922	1272.000	GOA	TC2B
TC2E	1298.800	1272.824	1272.000	GOA	TC2E
TC3B	1336.060	1309.339	1309.000	GOA	TC3B
TC3E	1335.950	1309.231	1309.000	GOA	TC3E
TC4B	1261.670	1236.437	1236.000	GOA	TC4B
TC4E	1261.440	1236.211	1236.000	GOA	TC4E
TC5B	1488.050	1458.289	1458.000	GOA	TC5B
TC5E	1480.320	1450.714	1450.000	JET A1	TC5E
TC6B	1480.940	1451.321	1451.000	JET A1	TC6B
TC6E	1488.680	1458.906	1458.000	GOA	TC6E
TC7B	1097.880	1075.922	1075.000	GOA	TC7B
TC7E	1087.860	1066.103	1066.000	GOA	TC7E
TC8E	370.140	351.633	351.000	JET A1	TC8E
TSLOP BR	LAVAZAS	LAVAZAS	LAVAZAS	LAVAZAS	TSLOP BR
	Total=	18255.6352	18248		

Imagen 21: *Distribución de carga final y tabla de capacidades de los tanques.* ***Autor:*** *Fuente propia.*

Finalmente, en la pestaña Reparto de cantidades también se compara la rentabilidad de la distribución realizada por el programa Excel. Entre ellas, se compara la cantidad que el fletador quiere cargar y la cantidad máxima que el buque puede cargar o la cantidad total de la distribución del producto de partida mayor y la diferencia con la cantidad que solicita cargar el fletador. Del mismo modo, se calculan las cantidades totales de los productos de la segunda y tercera partida mayor, así como la diferencia como lo solicitado por el fletador.

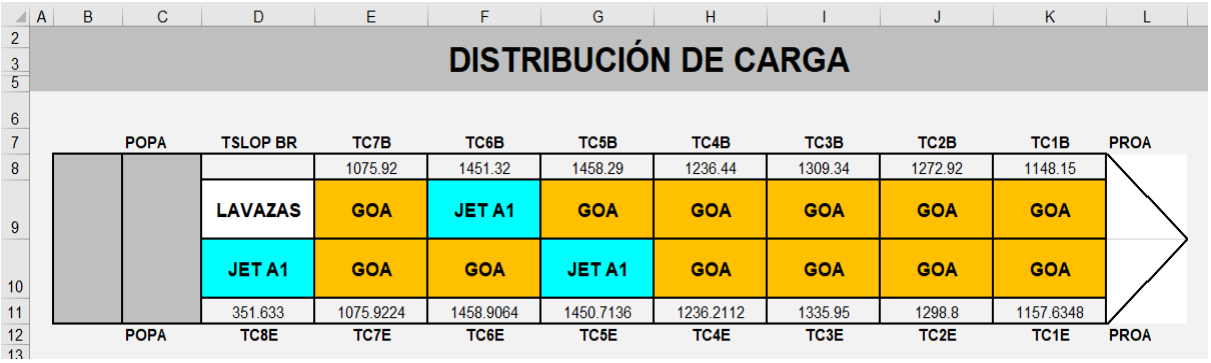
CANTIDAD TOTAL QUE SE QUIERE CARGAR	18250.00	CANTIDAD TOTAL A CARGAR (m		18255.64	DIFERENCIAS
CANTIDAD MÁX. QUE SE PUEDE CARGAR	18255.64	CANTIDAD TOTAL	GOA	15001.97	1.97
NÚMERO DE PARTIDAS TOTALES	2	CANTIDAD TOTAL	JET A1	3253.67	3.67
1. PARTIDA MAYOR	15000.00	CANTIDAD TOTAL	GNA 95	0.00	0.00
2. SEGUNDA PARTIDA MAYOR	3250.00	DIFERENCIAS ENTRE LO CARGADO Y LO PEDIDO X PRO			5.64
3. TERCERA PARTIDA MAYOR	0.00	DIFERENCIAS ENTRE LO CARGADO TOTAL Y LO PEDID			5.64
				COMPARACIÓN	0.00

Imagen 22: *Tabla comparativa entre lo cargado en total y lo que se solicita cargar. También se aplica la misma comparativa para cada producto individualmente.* ***Autor:*** *Fuente propia.*

Las diferencias entre lo cargado y lo solicitado se encuentran en metros cúbicos, por lo que la optimización de la distribución de carga con el Excel es bastante aproximada.

III.1.3.- Distribución de carga y operación de limpieza

En la pestaña Distribución de carga se encuentra representada la distribución de los diferentes productos en los tanques de carga.



DISTRIBUCIÓN DE CARGA

POPA	TSLOP BR	TC7B	TC6B	TC5B	TC4B	TC3B	TC2B	TC1B	PROA
		1075.92	1451.32	1458.29	1236.44	1309.34	1272.92	1148.15	
	LAVAZAS	GOA	JET A1	GOA	GOA	GOA	GOA	GOA	
	JET A1	GOA	GOA	JET A1	GOA	GOA	GOA	GOA	
	351.633	1075.9224	1458.9064	1450.7136	1236.2112	1335.95	1298.8	1157.6348	
POPA	TC8E	TC7E	TC6E	TC5E	TC4E	TC3E	TC2E	TC1E	PROA

Imagen 23: *Distribución en los tanques de carga vista superior.* ***Autor:*** *Fuente propia.*

Por otra parte, se añade de forma complementaria un plan de limpieza que se genera automáticamente y que indica el procedimiento de limpieza que hay que llevar a cabo para dejar el tanque en condiciones óptimas para la próxima carga.

OPERACIÓN DE LIMPIEZA

POPA	TSLOP BR	TC7B	TC6B	TC5B	TC4B	TC3B	TC2B	TC1B	PROA
	-	-	L+V+S+I	-	L	-	-	L	
	L+V+S+I	-	-	L+V+S+I	-	-	-	-	
POPA	TC8E	TC7E	TC6E	TC5E	TC4E	TC3E	TC2E	TC1E	PROA

Terminología:

L: LAVAR
S: SECAR
V: VENTILAR
I: INERTIZAR

TANQUES	CARGAMENTO ANTERIOR	CARGAMENTO SIGUIENTE	MÉTODO DE LIMPIEZA
TC1B	GOC	GOA	L
TC1E	GOA	GOA	-
TC2B	GOA	GOA	-
TC2E	GOA	GOA	-
TC3B	GOA	GOA	-
TC3E	GOA	GOA	-
TC4B	GOC	GOA	L
TC4E	GOA	GOA	-
TC5B	GOA	GOA	-
TC5E	GNA 95	JET A1	L+V+S+I
TC6B	GNA 95	JET A1	L+V+S+I
TC6E	GOA	GOA	-
TC7B	GOA	GOA	-
TC7E	GOA	GOA	-
TC8E	GNA 95	JET A1	L+V+S+I
TSLOP BR	LAVAZAS	LAVAZAS	-

Imagen 24: *Plan de limpieza a llevar a cabo para la siguiente carga.* ***Autor:*** *Fuente propia.*

III.1.4.- Cálculos de estabilidad

Una vez que la próxima distribución de carga haya sido realizada por el programa Excel se deberá comprobar su idoneidad mediante un programa de estabilidad. En el caso del B/Q Tinerfe y para el presente trabajo, se utilizará el programa calculador de carga y esfuerzos Ship-Manager-88.

El primer paso consiste en introducir en el programa de estabilidad la distribución de carga calculada por el programa Excel.

El siguiente paso será comprobar si en cualquier momento de las operaciones de carga y o descarga el buque sufre esfuerzos fuera de la normalidad. Para ello, se variará el orden de carga de los diferentes productos que se van a cargar:

9 Primer producto: GOA. Segundo producto: JET A1. Último producto: GOB.
10 Primer producto: JET A1. Segundo producto: GOA. Último producto: GOB.
11 Primer producto: GOA. Segundo producto: GOB. Último producto: JET A1.

De esta forma, se estudiará la condición de estabilidad para cada supuesto durante las operaciones de carga y/o descarga. Por ejemplo, en el primer supuesto, si los productos no son simultáneos, es decir, que se carguen al mismo tiempo y se empezara a cargar por GOA, el buque adoptaría un asiento aproado. Para contrarrestarlo, se deslastrarían los tanques de lastre de proa, manteniendo los de popa lastrados.

A continuación, se exponen pantallazos del programa Ship-Manager-88 que avalan la distribución de carga realizada. A través de este programa de estabilidad, se proporcionan datos de vital importancia como trimado, escora, volúmenes y peso de los tanques, temperaturas, criterios de estabilidad completos tanto en avería como sin avería, entre otras.

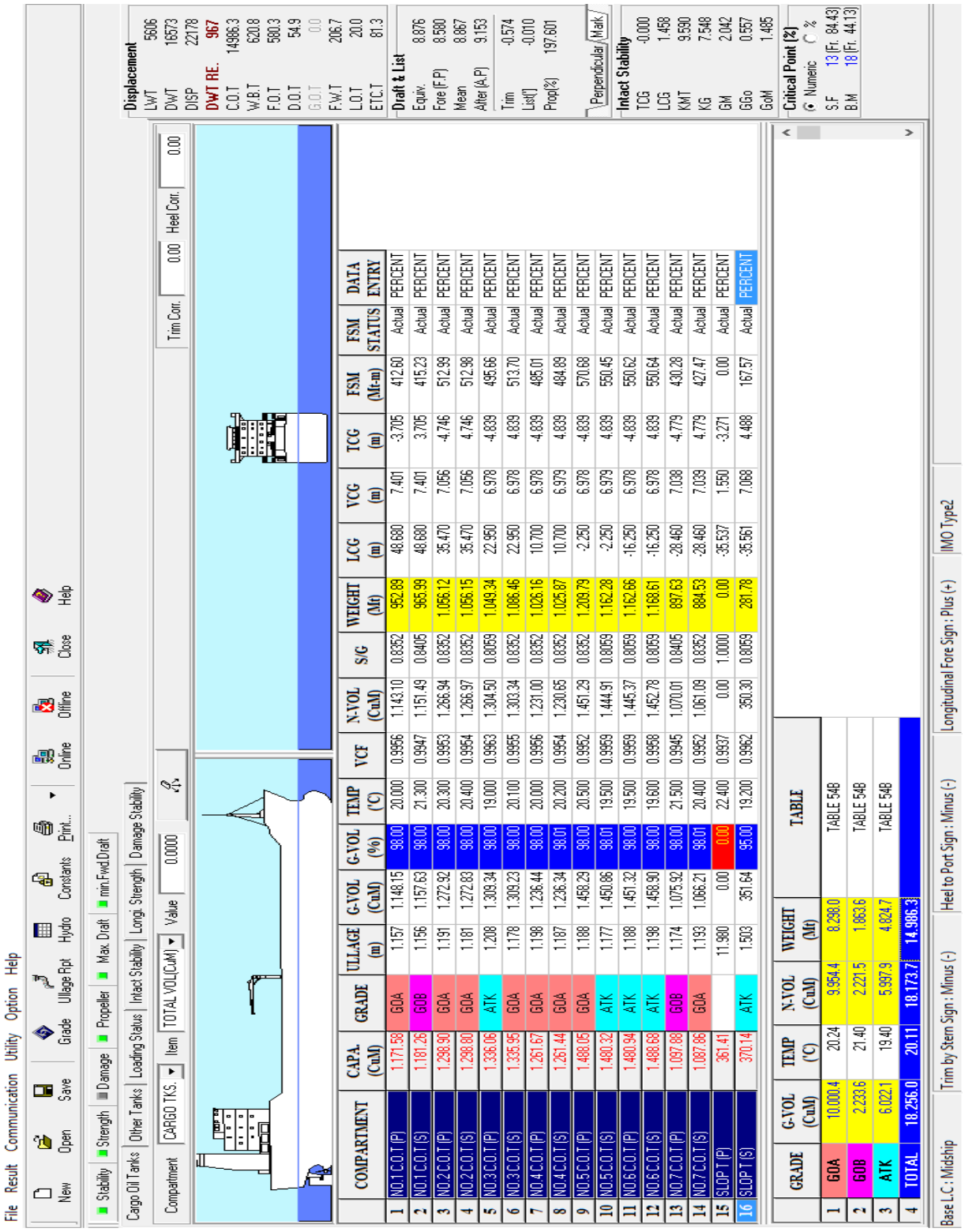
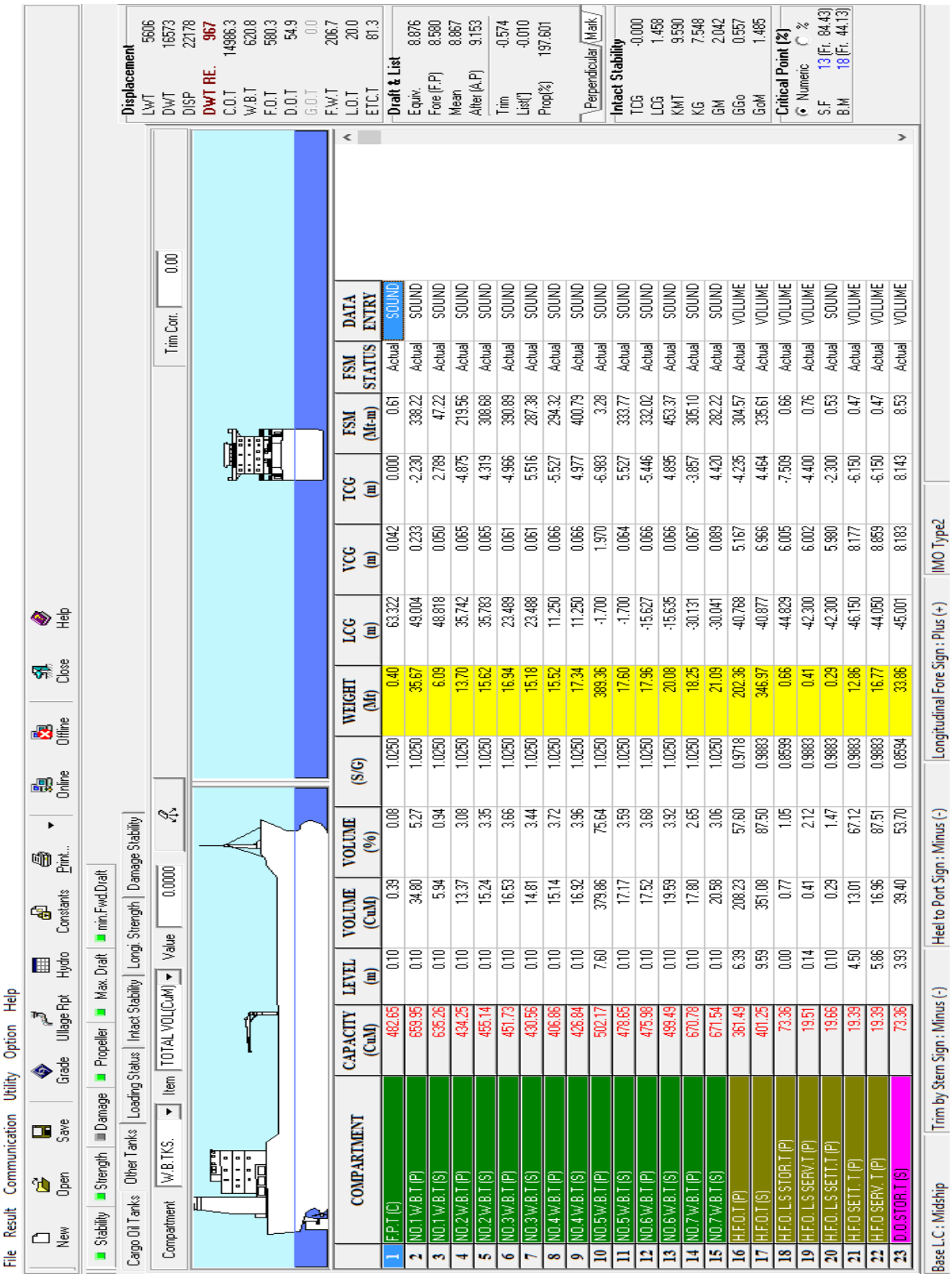


Imagen 25: *Pantallazo del calculador de carga donde se ven los tanques de carga, porcentaje de llenado, sondas, temperatura, cantidades, volúmenes....* ***Autor:*** *Ship-Manager-88.*



	COMPARTMENT	CAPACITY (CuM)	LEVEL (m)	VOLUME (CuM)	VOLUME (%)	(S/G)	WEIGHT (Mt)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	FSM (Mt-m)	FSM STATUS	DATA ENTRY
1	F.P.T (C)	482.65	0.10	0.39	0.08	1.0250	0.40	63.322	0.042	0.000	0.61	Actual	SOUND
2	NO.1 W.B.T (P)	659.95	0.10	34.80	5.27	1.0250	35.67	49.004	0.233	-2.230	338.22	Actual	SOUND
3	NO.1 W.B.T (S)	635.26	0.10	5.94	0.94	1.0250	6.09	48.818	0.050	2.789	47.22	Actual	SOUND
4	NO.2 W.B.T (P)	434.25	0.10	13.37	3.08	1.0250	13.70	35.742	0.065	-4.875	219.56	Actual	SOUND
5	NO.2 W.B.T (S)	455.14	0.10	15.24	3.35	1.0250	15.62	35.783	0.065	4.319	308.68	Actual	SOUND
6	NO.3 W.B.T (P)	451.73	0.10	16.53	3.66	1.0250	16.94	23.489	0.061	-4.966	390.89	Actual	SOUND
7	NO.3 W.B.T (S)	430.56	0.10	14.81	3.44	1.0250	15.18	23.488	0.061	5.516	287.38	Actual	SOUND
8	NO.4 W.B.T (P)	406.86	0.10	15.14	3.72	1.0250	15.52	11.250	0.066	-5.527	294.32	Actual	SOUND
9	NO.4 W.B.T (S)	426.84	0.10	16.92	3.96	1.0250	17.34	11.250	0.066	4.977	400.79	Actual	SOUND
10	NO.5 W.B.T (P)	502.17	7.60	379.86	75.64	1.0250	389.36	-1.700	1.970	-6.983	3.28	Actual	SOUND
11	NO.5 W.B.T (S)	478.65	0.10	17.17	3.59	1.0250	17.60	-1.700	0.064	5.527	333.77	Actual	SOUND
12	NO.6 W.B.T (P)	475.98	0.10	17.52	3.68	1.0250	17.96	-15.627	0.066	-5.446	332.02	Actual	SOUND
13	NO.6 W.B.T (S)	499.49	0.10	19.59	3.92	1.0250	20.08	-15.635	0.066	4.895	453.37	Actual	SOUND
14	NO.7 W.B.T (P)	670.78	0.10	17.80	2.65	1.0250	18.25	-30.131	0.067	-3.857	305.10	Actual	SOUND
15	NO.7 W.B.T (S)	671.54	0.10	20.58	3.06	1.0250	21.09	-30.041	0.088	4.420	282.22	Actual	SOUND
16	H.F.O.T (P)	361.49	6.39	208.23	57.60	0.9718	202.36	-40.768	5.167	-4.235	304.57	Actual	VOLUME
17	H.F.O.T (S)	401.25	9.59	351.08	87.50	0.9883	346.97	-40.877	6.966	4.464	335.61	Actual	VOLUME
18	H.F.O.L.S STOR.T (P)	73.36	0.00	0.77	1.05	0.8599	0.66	-44.829	6.005	-7.509	0.66	Actual	VOLUME
19	H.F.O.L.S SERV.T (P)	19.51	0.14	0.41	2.12	0.9883	0.41	-42.300	6.002	-4.400	0.76	Actual	VOLUME
20	H.F.O.L.S SETT.T (P)	19.66	0.10	0.29	1.47	0.9883	0.29	-42.300	5.980	-2.300	0.53	Actual	SOUND
21	H.F.O SETT. T (P)	19.39	4.50	13.01	67.12	0.9883	12.86	-46.150	8.177	-6.150	0.47	Actual	VOLUME
22	H.F.O SERV. T (P)	19.39	5.86	16.96	87.51	0.9883	16.77	-44.050	8.859	-6.150	0.47	Actual	VOLUME
23	D.O.STOR.T (S)	73.36	3.93	39.40	53.70	0.8594	33.86	-45.001	8.183	8.143	8.53	Actual	VOLUME

Imagen 26: *Pantallazo del calculador de carga donde se ven los tanques de lastre, combustible, agua dulce, etc.* ***Autor:*** *Ship-Manager-88.*

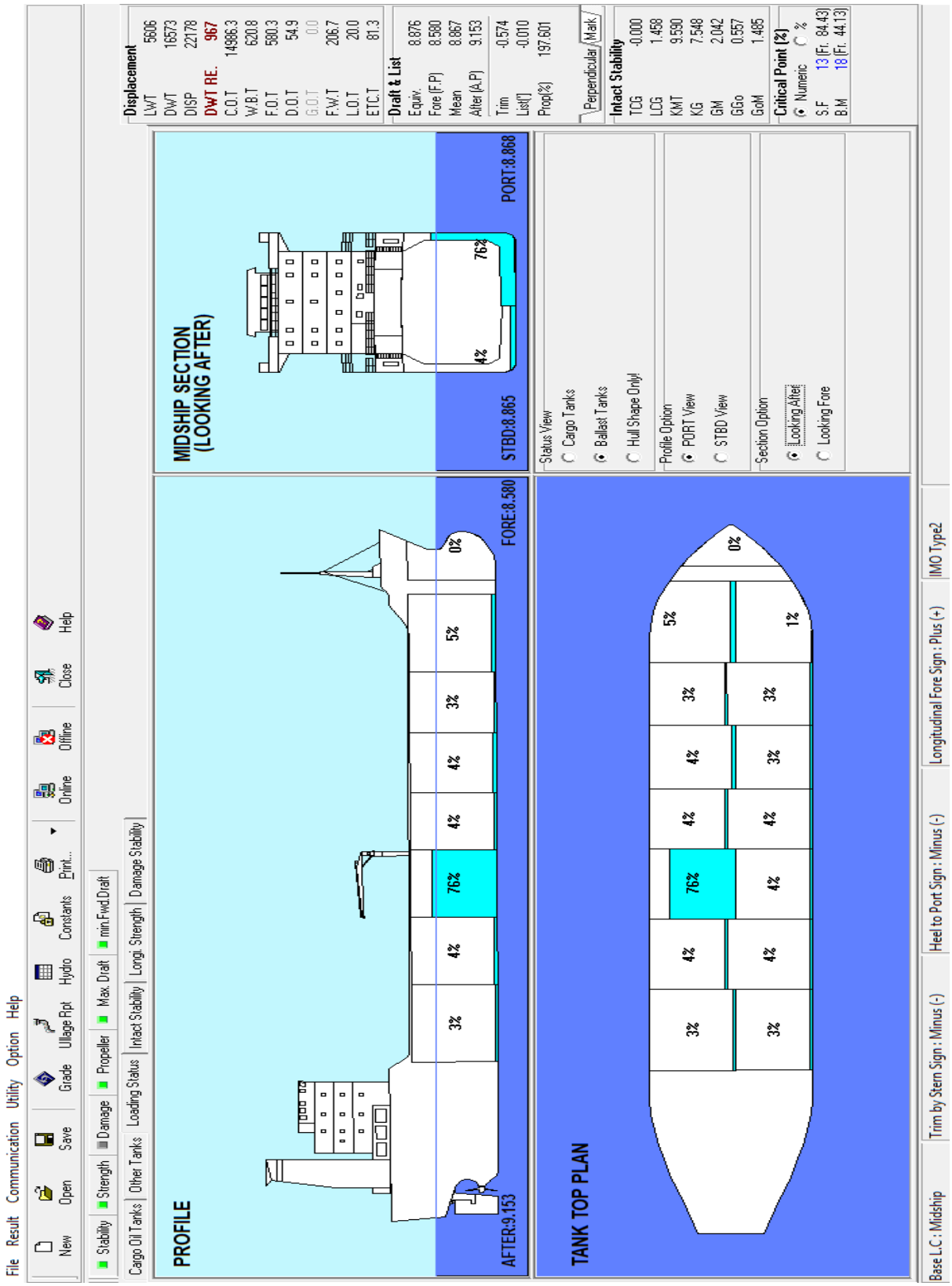


Imagen 27: *Pantallazo del calculador de carga donde se puede ver los porcentajes de los tanques de carga y de lastre.* ***Autor:*** *Ship-Manager-88.*

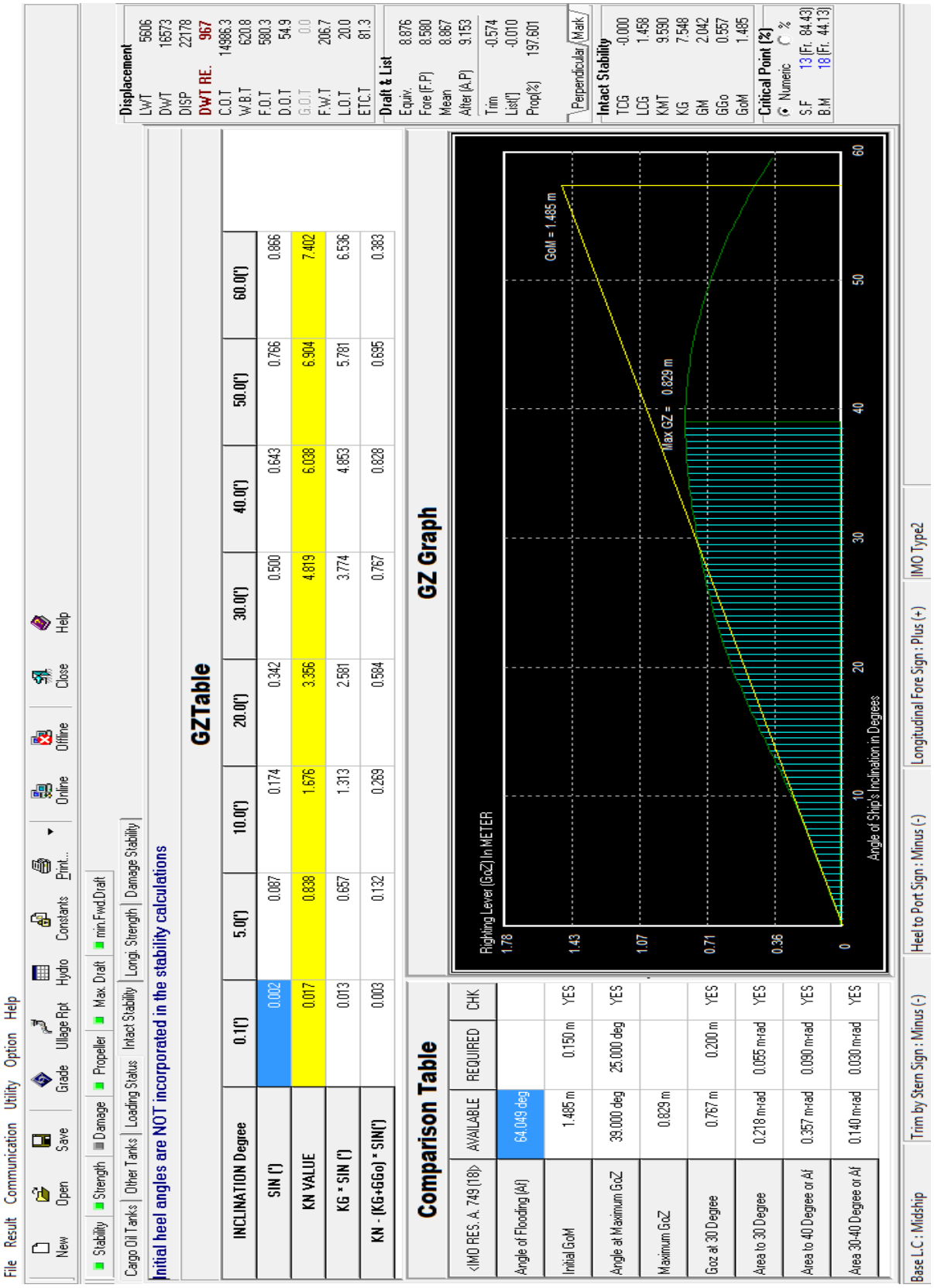


Imagen 28: *Pantallazo del calculador de carga donde se puede ver los criterios de estabilidad y la curva GZ.* ***Autor:*** *Ship-Manager-88.*

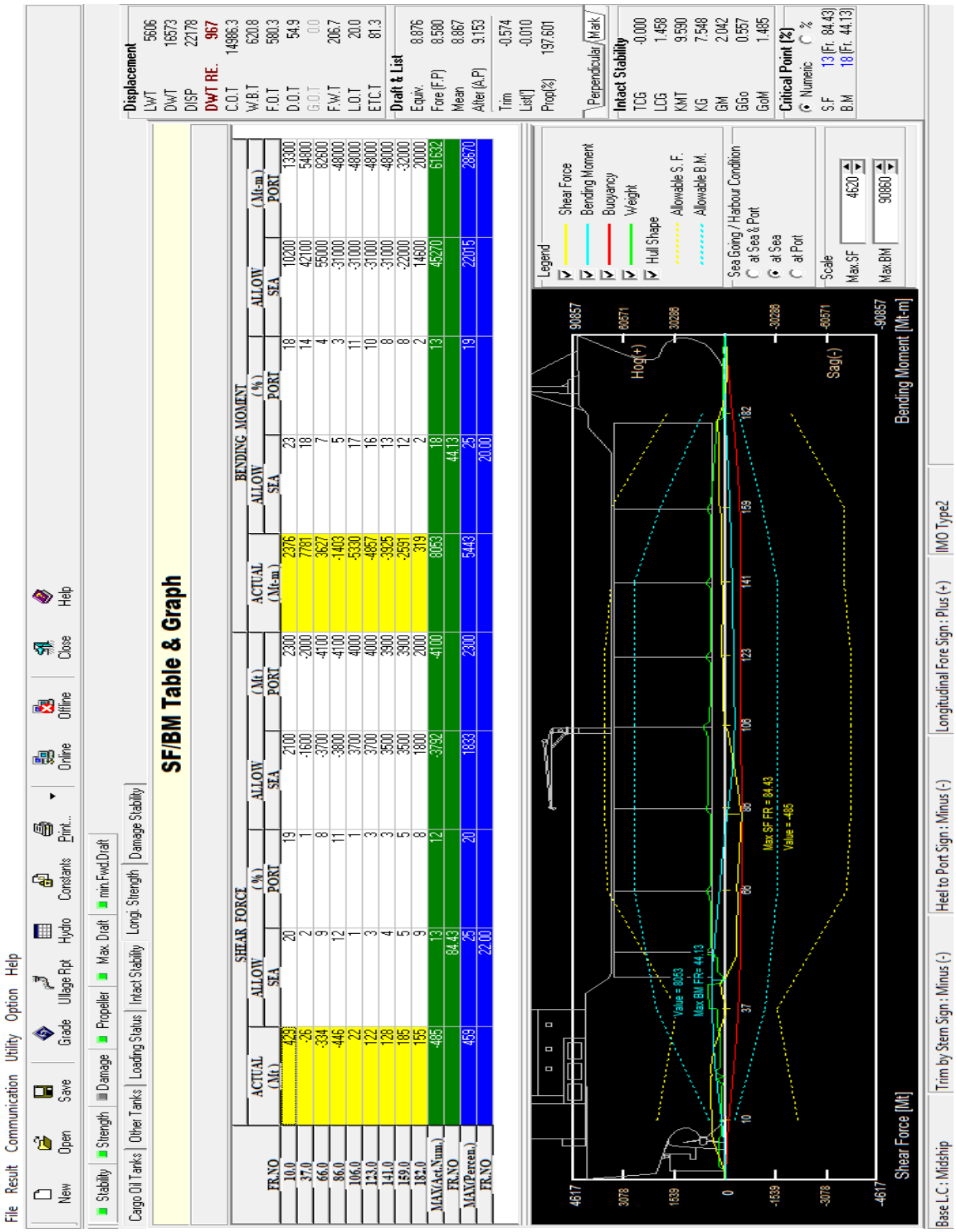


Imagen 29: *Pantallazo del calculador de carga donde se representa gráficamente los esfuerzos que sufrirá el buque en todo momento. Destacan el Bending Moment y el Shear Force.* ***Autor:*** *Ship-Manager-88*

IV.- Conclusiones

Tras el desarrollo del presente Trabajo de Fin de Máster, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. La distribución del cargamento en un buque petroquimiquero es una labor muy compleja, siendo en ocasiones no compatible con las exigencias del fletador.

2. La automatización creada en Excel no dará un cien por cien de acierto en las distribuciones y repartos de la carga. Puede darse el caso de que el programa reparta dos productos de cantidades similares, suponiendo operaciones no simultáneas en el puerto de carga y distribuyéndolos la mayor parte de uno en la zona de proa y otro en la zona popa. Esta distribución no sería viable, ya que el buque sufriría esfuerzos que se podrían evitar con una nueva distribución realizada manualmente por el Primer Oficial, aunque las cantidades no sean las óptimas.

3. El Excel desarrollado cumple en la mayoría de los casos con los criterios de limpieza y de estabilidad, siendo una herramienta fundamental para el Primer Oficial a la hora de realizar la distribución del cargamento de forma rápida y eficaz.

4. Toda distribución de cualquier carga debe verificarse por un programa de estabilidad o un método que calcule la estabilidad, además de la interpretación de estos cálculos y visto bueno de un profesional, frecuentemente el Primer Oficial de puente o el propio Capitán del buque.

5. En caso de que esta automatización de la carga en Excel se quisiera aplicar al B/Q Tinerfe o a cualquier otro buque de la compañía, habría que desarrollar un procedimiento que contenga las tareas y secuencias a seguir para el correcto empleo del mismo, como se explica en el apartado *"II.2.1. Herramienta I: Asignaturas del Máster Universitario en Ingeniería Náutica y Gestión Marítima de la Universidad de Cantabria"*.

V.- Referencias

Administrative Commitee of the Federal Register, 2017. *Cornell Law School. Legal Information Institute [LII].* [En línea] Available at: https://goo.gl/jPH5EY [Último acceso: 02 09 2018].

Bravo González, M. J., 2009. *Diseño, cálculo y desarrollo del sistema de carga y descarga de crudo para un buque petrolero de 185.000 TPM,* Cádiz: Universidad de Cádiz. Centro Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval.

Companies, I. C. o. S. O., Forum, I. M. & Harbours, I. A. o. P. a., 2006. *International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (ISGOTT).* Fifth Edition ed. London. United Kingdom.: Witherby Seamanship International.

García Campos, J. R., 2009. *Averiguar qué números sumar para obtener un resultado.* [En línea] Available at: https://goo.gl/QUBhgD [Último acceso: 05 04 2018].

García Soto, D., 2016. *El" vetting" como instrumento preventivo de seguridad marítima: análisis y juicio crítico.,* Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Facultad de Náutica de Barcelona. Dirigido por Dr. Jaime Rodrigo de Larrucea.

Sánchez Díaz de la Campa, F. J., 2017. *Material docente de la asignatura Sistemas Integrados de Gestión. Máster Universitario en Ingeniería Náutica y Gestión Marítima. Universidad de Cantabria.* Santander.

Verwey's, D., 2015. *Tank Cleaning Guide.* Ninth Edition ed. Hubertuskamp 8, 21521 Dassendorf(21521 Dassendorf): ChemServe GmbH.