

DISCURSOS

LEÍDOS ANTE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

EN LA RECEPCIÓN PÚBLICA

DEL

EXCMO. SR. D. GUSTAVO FERNANDEZ Y RODRÍGUEZ

el día 29 de Junio de 1907.



MADRID

IMPRENTA DE LA "GACETA DE MADRID"

CALLE DE PONTEJOS, NUM. 8.

1907

DISCURSO

DEL

EXCMO. SR. D. GUSTAVO FERNÁNDEZ Y RODRÍGUEZ

Señores Académicos:

No temáis que, seducido por mentirosas sugerencias del amor propio, considere como galardón de personales merecimientos la altísima distinción con que me habéis honrado.

A decir verdad, al verme en este lugar enaltecido por cuantos en él me precedieron ostentando con justo título el carácter envidiable de indiscutibles eminencias en todos los ramos del saber, me siento no menos sobrecogido y confuso que aquel personaje de las *Mil y una noches* que, siendo al dormirse modesto mortal, despierta transformado en califa poderoso.

No me envanece, no, mi presente situación, porque sé que en mí, como uno de los individuos de la Armada, colocado en condiciones puramente externas más favorables para asociarse con alguna asiduidad á vuestras tareas, habéis querido como en otras ocasiones hacer bien notorio el extraordinario aprecio que á la Marina militar consagrais; y tampoco olvido que cualquier inútil trozo de cristal suele brillar, no por virtud de luces propias, sino reflejando las ajenas cuando por acaso le hieren.

No significan, empero, estas palabras más que yo des-

conozca ó que mi corazón rechace las obligaciones que á vosotros me ligan estrechamente por la inapreciable merced con que me habéis agraciado. El noble sentimiento de la gratitud, tenedlo por cierto, embarga mi ánimo hasta un punto tal, que de su cabal medida sólo puedo daros alguna idea diciendo que rebasa la del exceso mismo de vuestra benevolencia.

Exceso grande, en verdad, que todavía abulta más á mis ojos el recuerdo de las prendas que daban enérgico relieve á la personalidad del Excmo. Sr. D. José Morer, á quien me cabe el honor de suceder en la Academia.

Nunca me puso la suerte en relaciones directas con él; pero aun era yo adolescente y ya resonaban en mis oídos y se grababan en mi memoria los entusiastas elogios de sus discípulos, para quienes era excepcional ejemplo por su historia escolar y acabado maestro por su profundo saber; como que, bastante tiempo antes de terminar sus estudios en la Escuela de Caminos, las singulares dotes de inteligencia, carácter y conocimiento que en él se revelaban, le habían conducido á desempeñar primero, en la misma Escuela, la cátedra de Geometría descriptiva, después la de Topografía y Geodesia, y, además, la de Mecánica industrial en el Conservatorio de Artes. Quien de tal manera empezó su carrera, mucho prometía para el porvenir: no era hombre Morer que pudiera defraudar las esperanzas que en él fundaron sus maestros. Y así, andando el tiempo, figuró durante no pocos años entre los más reputados Profesores de la Escuela de Caminos, de esa Escuela donde por entonces brillaban con general admiración y respeto eminencias como Saavedra y Echegaray. Estela de luz han dejado en su Cuerpo todos estos hombres, orgullo y honra de nuestra Patria.

A los dotados con las cualidades de Morer, no es común dejarlos vivir tranquilos en exclusivo consorcio con la pura

especulación científica. Llamado muy pronto al ejercicio de los trabajos profesionales, probó plenamente que su rica organización intelectual lo mismo se plegaba al sabio y fecundo aislamiento del gabinete que á la activa dirección de complicadas y difíciles obras.

Cómo dió cima á los numerosos trabajos de distintos órdenes en que intervino ó que proyectó y dirigió lo ha dicho la Fama, no siempre pródiga en favores con hombres tan modestos como Morer; cuán grande es el mérito de sus escritos, informes y proyectos elaborados en la larga y fecunda vida que disfrutó, gran parte de la cual pasó en vuestra compañía, harto mejor que yo lo sabéis.

Bien notorios son también el certero criterio y la infatigable actividad de que daba patente muestra en el desempeño de las funciones que se le encomendaban, lo mismo como Ingeniero agregado á los trabajos del Canal de Isabel II que como Director de éste; lo mismo al estudiar y proyectar la distribución de aguas en Madrid como al dirigir las obras de su alcantarillado, «dignas, según ha »dicho con gran autoridad uno de vosotros, de mostrarse »á la luz para servir de ejemplo á los constructores» (1). Las mismas cualidades desplegó en todos sus destinos: en la construcción de varias vías férreas, en la Junta consultiva del Cuerpo de Caminos, en la Dirección de Obras públicas, y por decirlo de una vez, en los numerosos trabajos que emprendió ya por iniciativa suya, ya por encargo del Gobierno.

Reseñar los principales que ejecutó; señalar los estudios y meditaciones que acusan, las dificultades que para realizarlos hubo de vencer en unos casos y de orillar en otros; formular, en fin, el merecido elogio de una larga vida por entero consagrada al culto de la Ciencia, sencilla y digna,

(1) D. José Echegaray.

es tarea que mis fuerzas no me permiten abordar, que además reclama más tiempo que el breve de que dispongo; el cual, con apremios importunos, me impone la obligación de pasar cuanto antes á ocuparme en más ingrato asunto, con lo que, por otra parte, gana la memoria del compañero cuya ausencia lamentáis, bien digno de que historien su limpia y brillante carrera labios más autorizados que los míos.

Pero al emprender el desarrollo del tema que me he propuesto, debo consignar que tan sólo me presta alientos la esperanza de que ha de acompañarme hasta el fin de mi modesto trabajo la misma benevolencia que me ha elevado á este puesto.

* * *

Ha sido la guerra, aun lo es hoy día, y quizás, por desdicha, lo sea también durante mucho tiempo, una condición inevitable en la vida de la Humanidad, un hecho histórico constante que es fuerza aceptar y reconocer como resultado lógico impuesto por la incompatibilidad, con frecuencia irreductible, de instintos, necesidades, ideales y pasiones: hecho que, sin duda, no juzgáis indigno de ocupar vuestra atención, ya que en la Ciencia ha buscado siempre recursos auxiliares, provocando á veces importantes descubrimientos beneficiosos á la postre para el bienestar del hombre y convirtiéndose en no pocos casos en eficaz y poderoso vehículo del progreso.

Y puesto que, entre tantas máquinas de guerra como el hombre emplea, ninguna puede equipararse al buque en poderío y hermosura, ni, al propio tiempo, como síntesis de la aplicación dada á gran número de ciencias, me ha parecido que, siquiera no haya de exponer nada que no

conozcáis sobradamente, debía, por razón del oficio que en bien tristes circunstancias vengo ejerciendo hace ya más de cuarenta años, intentar presentar en esta ocasión, para mí tan solemne, un rápido bosquejo de las transformaciones que durante el último siglo ha sufrido el buque de guerra prototipo, ó sea, el buque de combate de primera línea, base de todo poder marítimo, núcleo principal de las escuadras, depositario de la fuerza realmente eficaz y decisiva en las contiendas marítimas.

Curioso también puede ser en la hora presente, tan preñada de incertidumbres en cuanto concierne á la Marina de guerra, recordar las vicisitudes por que ha pasado en el siglo último el buque de combate, preludio quizá de otras aún más transcendentales en época próxima, dada la marcha que, como consecuencia de aquéllas, vienen siguiendo las naciones marítimas más poderosas.

*
* *

De la Arquitectura naval, como ciencia, no puede asegurarse que haya nacido hasta bien entrado en años el siglo XVIII. Durante la larga serie de los que á éste precedieron, y aun durante el mismo, tan sólo la tradición, condensada en gran número de reglas empíricas, no pocas juiciosas, pero fundadas otras en simples preocupaciones, guiaba á los constructores, hombres en su mayoría incultos y rudos, carpinteros de ribera, más ó menos observadores y hábiles, que, en general, no ponían gran empeño en mejorar el sencillo arte que de sus padres habían aprendido.

Es, por lo mismo, admirable el grado de adelanto que, no obstante tan rutinarios recursos, se llegó á alcanzar en formas, estructura y estabilidad de los buques; con lo cual

estoy muy lejos de afirmar que no se cometieran á cada paso gravísimos dislates, sobre todo en lo que atañe á la última circunstancia, como ya Euler observaba, por más que de ordinario se construyeran barcos estables (1).

El impulso comunicado á los estudios matemáticos desde fines del siglo xvii había despertado en algunas inteligencias de primer orden el deseo de llevar la luz de estos conocimientos al estudio razonado del buque y sus formas, de los fenómenos que se desarrollan en su movimiento y de las resistencias que tiene que vencer en la marcha.

Estas investigaciones se mantuvieron al principio en un terreno puramente teórico, sin descender con sus conclusiones hasta los Astilleros; á ellas se dedicaron, en general, hombres extraños á la práctica de mar, como Pardies, Juan y Daniel Bernouilli, Huighens, Hoste, Bouguer, Euler, etc. Sin embargo, lanzada como lo estaba ya la semente, pronto hubo de producir los naturales frutos.

Entre los sabios apasionados por el arte naval descuella Bouguer (2), á quien el Ministro Arriaga pretendió en vano traer á nuestra Patria para confiarle la dirección de las construcciones navales. Bouguer fué, en efecto, el primero que dió el concepto claro del metacentro y definió la evoluta metacéntrica, así como el desplazamiento indicando

(1) Architecti quidem navales longa experientia edocti ita naves fabricari Jidicerunt, ut plerumque sufficienti stabilitatis gradu sint præditæ, etiam si non numquam in hoc ipso *non leviter decipiantur*; verum tamen ne per experientiam quidem eas res enumerare et accurate definire valent, quibus navi stabilitas conciliatur

Y más adelante, con jactancioso candor, explicable en sabio *tan* eminente, añade: Primum igitur ea mechanicæ principia, quibus stabilitatis determinationem inniti perspexeram, diligentius sum perscrutatus, indeque mox quicquid ad hanc rem pertinere videbatur, *feliciter sum assecutus*. — (*Scientia navalis*, EULER.)

(2) De celeberrimo varón califica Euler á Bouguer, y de eximio, á su *Traité du Navire*.

varios métodos para valuarlo por medio de los planos de trazado. Enseñó á determinar el centro de obras vivas y á fijar la posición del centro de gravedad mediante la oportuna distribución de pesos; estudió los movimientos oscilatorios del buque en determinadas circunstancias, y si bien cometió algunos errores, como cuando de un modo general afirma que ofrece seguridad de no dar la voltereta por virtud de inclinación transversal el buque cuya evoluta metacéntrica correspondiente presente para balances cada vez mayores ramas ascendentes á partir de la posición adrizada, puede decirse que, en suma, estableció con singular perspicacia los principios fundamentales de aquella rama de la ciencia del Ingeniero naval, cuyo primordial objetivo es la investigación de la estabilidad de los buques; rama por demás frondosa, que todavía aguarda quien por completo la escamonde y pode despojándola de la viciosa hojarasca que, proyectando sobre ella sombras y penumbras, impide contemplarla en toda su integridad; porque bien se comprende cuán grandes han de ser las dificultades que en el estudio de las condiciones de equilibrio y movimiento de los buques originan la naturaleza inconsistente é índole esencialmente deformable del medio en que aquéllos se sostienen y la incertidumbre, cuando no la ignorancia actual, en orden á las leyes que rigen la formación, resistencia y movimiento de las olas, así como á los esfuerzos que engendran, circunstancias capitalísimas que diferencian á las construcciones flotantes destinadas á navegar de las terrestres, que tranquilamente descansan sobre terreno firme bajo el influjo y mediante el equilibrio de fuerzas conocidas y constantes.

No me detendré á reseñar, ni siquiera someramente, por no apartarme del camino que me he trazado, la parte con que contribuyeron otros sabios, entre los que antes cité, además de Bouguer, á sostener viva la curiosidad científi-

ca acerca de las cosas de Marina, abriendo, no obstante los errores en que por acaso incurrieron, vías de perfeccionamiento para la Arquitectura naval. Pero justo es mencionar, cuando menos, á nuestro compatriota D. Jorge Juan, cuyos trabajos conquistaron á España un puesto honrosísimo entre las naciones en que se cultivaba este género de estudios.

Don Jorge Juan, cuyo *Examen marítimo* llegó á ser obra clásica dentro y fuera de la Península, y que todavía hoy se lee con provecho por aquellos á quienes interesan el génesis y el desenvolvimiento progresivo de la ciencia naval, rectificó varios errores en que habían incurrido los que le precedieron, y fué de los primeros en mostrar la senda que convenía seguir para ilustrar las cuestiones que forman como la entraña de la arquitectura del buque, en las cuales se hace forzoso hermanar estrechamente las elevadas especulaciones de la teoría y una racional experimentación que es el fuerte báculo, merced al cual camina con alguna confianza, ya que no siempre con entera seguridad, la enfermiza razón del hombre (1).

Al análisis matemático puro que con excesiva confianza habían utilizado de un modo casi exclusivo hombres de tan alto nivel científico y de tan preclaro talento como los Bernouilli, Euler y Bouguer, no puede, en efecto, considerarlo el Ingeniero naval instrumento único de investigación sin arrostrar el riesgo de caer en graves aberraciones. Así se explica cómo Bouguer, olvidando que los buques oscilan, recomendaba el empleo de vergas de longitudes inaceptables; cómo, por no acudir al contraste de la experiencia y al estudio de fenómenos naturales, creía Daniel Bernouilli que las olas eran siempre estacionarias y producidas por

(1) La teoría no progresa ni se solida sin la observación, y la observación estriba en la práctica. — BALMES.

movimientos verticales alternativos de las partículas líquidas, caso excepcional en realidad resultante del conflicto y superposición de encontrados oleajes; cómo prescribía aumentar inconsideradamente la altura metacéntrica, aconsejando abrir de boca los cascos, suprimir, por tanto, la curvatura entrante de cuadernas en las obras altas, encima de la flotación, y dar á los fondos escasa astilla muerta.

Por su parte, D. Jorge Juan muéstrase en su obra original, con criterio propio: y aplicando con juicio los conocimientos matemáticos de su época, trata con claridad las cuestiones más importantes; dilucida varios puntos relativos á la más conveniente utilización del velamen, y en lo que á éste atañe, entre los principios útiles que establece, demuestra, poniéndose en las condiciones reales de que prescindía Juan Bernouilli, el cual suponía casi infinita el área de velas, la aparente paradoja de que en ciertos casos pueden los barcos navegar con mayor rapidez que el viento que en sus velas actúa.

No resulta menos notable su perspicacia cuando al tratar de los movimientos de balance denuncia las deficiencias de la teoría antes de él aceptada, según la cual, el buque se mueve como un péndulo, con oscilaciones isócronas de cierta duración y amplitud con independencia del estado del mar. D. Jorge Juan pone de manifiesto que los balances producidos por la propia estabilidad, esto es, cuando en aguas tranquilas se le aparta de su posición adrizada abandonándole después á sí mismo, no pueden ser iguales á los engendrados por esta causa y la acción perturbadora de las olas (1). Y por algunos, como Pollard y Dudgeon, se presume que, prescindiendo de las ideas

(1) En estas acciones no se han considerado tampoco los efectos de las olas ó golpes de mar, y parece que los cálculos no se han propuesto sino para mares de delicias, no para los que pasan por encima de los navíos, que los inundan y que los hacen perecer. (*Examen marítimo.*)

entonces admitidas, razona D. Jorge como si, con arreglo á la teoría hoy dominante, supusiera que en las olas cada partícula líquida describe una órbita cerrada.

Estableció además una teoría de la resistencia de los flúidos, acusó la conveniencia de tener presente el meta-centro longitudinal, aparte del transversal, y propuso y explanó el procedimiento práctico para determinar el centro de gravedad del buque dándole pendoles. Como sus predecesores, pretendió sintetizar en expresiones analíticas los complejos fenómenos del movimiento oscilatorio; mas al hacerlo, se vió conducido á establecer hipótesis aventuradas que es frecuente no se realicen.

De todos modos, en su *Examen marítimo* se halla depurado en lo posible, dada la época en que se escribió, gran parte de lo conocido entonces acerca de la Arquitectura naval en sus partes teórica y práctica; pues sus investigaciones también se extendieron al estudio de la estructura del casco corrigiendo muchas observancias viciosas en la coordinación y el cálculo de los espesores de las piezas componentes de los buques de alto bordo.

*
*
*

Perfeccionados, merced á todos estos trabajos, representan al principiar el siglo XIX el navío y la fragata los genuinos tipos de los buques de combate: esbelta y gallarda la segunda; alteroso y soberbio el primero, de formas rotundas y amplias, con artísticas y monumentales popas: uno y otra con las baterías erizadas de cañones; los dos coronados con análogos, elegantes y complicados aparejos de enorme guinda.

La estructura de los cascos de ambos tipos, producto de la experiencia acumulada de muchos siglos, algo mejorada

en la proporción relativa de sus partes y en las formas exteriores durante el último tercio del siglo XVIII, hallábase constituida por piezas de madera de múltiples formas apropiadas al puesto que en el buque ocupaban, trabadas entre sí con el auxilio de ensambles, en general sencillos. Asegurábanse unos á otros estos elementos con clavazón y pernería de hierro, que á veces era sustituida en algunos sitios por cabillería de maderas duras. Toda la obra viva, por último, quedaba protegida con un delgado forro de cobre, complemento beneficioso que á duras penas se introdujo desde fines del siglo XVIII.

Los vasos flotantes, que así se obtenían, no tardaban en presentar síntomas alarmantes de fatiga á consecuencia, tanto de que los pesos propios distribuidos á bordo no eran equilibrados por los empujes hidrostáticos locales, superando en las cabezas los primeros á los segundos, lo contrario de lo que ocurría en el cuerpo central, como por efecto de la variedad y multiplicación de los esfuerzos á que en medio de un mar proceloso se hallan sujetos los buques, los cuales ya quedan suspendidos como un balancín en el lomo de una ola, ya simulan un puente tendido entre dos lomos. Iniciábase á veces esta fatiga desde un principio, y siempre que ocurría, en cualquier caso, hacíaase manifiesta con un desligamiento general en mayor ó menor grado de los elementos integrantes de la construcción; desligamiento que aun siendo imperceptible en el examen parcial de las piezas vecinas, se revelaba al poner en seco el buque con caracteres evidentes por efecto de la suma de las imperfecciones elementales de enlace. Aparecía entonces el quebranto acusado por la curvatura anormal de la quilla, cuya flecha máxima llegaba en los navíos hasta 0^m,60 y 0^m,70.

Natural era el quebranto en construcciones compuestas de un número considerable de piezas de madera, material

que por su naturaleza presenta dificultades inmensas para constituir un todo rígido por grande que fuere el ingenio que se aplique para trabar eficazmente las piezas empleadas en la obra.

Acudióse al remedio de este grave defecto, que contribuía á disminuir la ya corta vida de los buques de madera, distribuyendo los pesos á bordo de un modo racional, descargando para ello las cabezas del casco hasta donde era permitido hacerlo sin embarazar los servicios, con lo que se aligeraban de paso los movimientos de cabezada y arfada; pero, como esto no bastara, se echó mano de otros procedimientos harto obvios para que antes no se hubieran ocurrido.

Las piezas constituyentes del esqueleto del casco cruzábanse siempre, como aun sucede hoy día, en ángulos rectos; en tal caso se hallan cuadernas, baos, trancaniles, durmientes y los forros interiores, exteriores y de cubiertas. La triangulación de los elementos integrantes de los costados, introducida por Roberto Seppings, amén de alguna otra reforma, mejoró notablemente la rigidez de los navíos y fragatas, á los que se aplicó desde luego el sistema, estableciendo al principio, en los primeros, la triangulación con diagonales de madera, empleando de preferencia en las fragatas planchuelas de hierro; y, por último, combinando los dos medios de consolidación.

No pocos años duró tal estado de cosas. Sin embargo, contra la tradición á que durante siglos se había rendido culto en los Astilleros, empezaba á laborar con éxito un espíritu revolucionario, que todo lo había de trastornar profundamente.

Aún en el primer tercio del siglo XIX era suficiente en cualquier Nación una sencilla orden disponiendo la construcción de un número determinado de navíos y fragatas, para que poco tiempo después se los viera crecer en grada

con rapidez sorprendente. Todo, en general, estaba previsto para conseguirlo y se subordinaba á reglas fijas, desde las dimensiones de las piezas principales del casco, sus herrajes y su distribución interior hasta el calibre de los cañones y los detalles completos del aparejo. En la sala de gálibos se trazaban sin vacilaciones los planos del buque y por ellos se cortaban las plantillas y se recogían los demás datos precisos para la obra. Las robustas tosas de roble de escuadrías varias y convenientes curvaturas; las perchas elegantes de pino, piezas todas ellas con orden perfecto clasificadas, pasaban sin descanso de las fosas en que se conservaban á los talleres y gradas, y de unos y otras al buque, revistiéndole de formas y fortaleza.

Mejorábanse paulatinamente, á decir verdad, los estudios del buque; su trazado iba emancipándose de la rutina y sus condiciones de estabilidad eran objeto de mayor atención que antes; hasta se perfeccionaban los procedimientos mecánicos del trabajo. Pero, al mismo tiempo, desde los primeros años del siglo XIX, en el 1804, y con más certidumbre en el 1807, iniciaba el americano Fulton la aplicación del vapor á los buques con carácter práctico, y con esa aplicación surgía el futuro verdugo y heredero del velamen. Todo justificaba la transcendental innovación naciente, con especialidad en la Marina de guerra.

El viento no tan sólo es inseguro siempre ó de fuerza muy variable en corto tiempo, sino que con frecuencia cambia de dirección; de suerte que, ó se opone con fuerte empuje á la marcha, según el rumbo elegido, ó es demasiado flojo, ó resulta inmanejable por su violencia, cuando no ocurre el caso en que, desmayando, como dice el Duque de Rivas,

ni el ancho seno de las lonas llena,
ni silba entre los mástiles robustos,
ni aun con el fácil gallardete ondea;

lo cual, en la época del velamen, bastaba para hacer fracasar todo un plan de operaciones fundado en la oportunidad.

El viento, por tanto, como agente motor ofrece graves desventajas; y si bien, con vientos contrarios era posible en muchos casos alcanzar el punto propuesto navegando de vuelta y vuelta, no se conseguía sino á costa de las pérdidas de tiempo producidas por esa marcha en zig-zag y las resultantes del abatimiento.

Con ser de bulto tales inconvenientes todavía ocasionaba otros el viento á los buques de guerra en las operaciones militares. Constreñidos éstos con frecuencia á navegar muy escorados por efecto de la acción del viento oblicua á su marcha, se veían en la imposibilidad de utilizar sus baterías con el enemigo á la vista. Ponerse además en posiciones convenientes para entablar combate, ya ganando el barlovento, ya el sotavento, según el sistema de ataque que se prefiriera adoptar, obligaba á pesadas maniobras, marchas y contramarchas que duraban largos días preñados de ansiedad enervante. Y, por último, en el caso mismo de contar con vientos propicios y buenas circunstancias de mar, era defecto característico del velamen el escaso andar que con él se obtiene, como que no se compadecen la imposición ineludible de conservar una estabilidad suficiente y la imposibilidad de suprimir los balances con el aumento indefinido de la superficie de velas, á la cual es proporcional con cada intensidad de viento la fuerza total de propulsión.

*
**

Todos estas desventajas desaparecían con la adopción de las máquinas de vapor en los buques. Pero esta refor-

ma no se implantó inmediatamente en los de combate. Desde que en 1807 hizo Fulton su primera travesía de New-York á Albany, habían de transcurrir bastantes años antes que las máquinas marinas, perfeccionándose, se hicieran compatibles con las exigencias de la guerra. Las ruedas de paletas, primer propulsor empleado de un modo general, quedaban demasiado descubiertas ofreciendo fácil blanco é inutilizaban un espacio harto considerable en los costados para que se adoptara su uso en los buques de combate. El reemplazo de este engorroso propulsor por la hélice que superaba á las ruedas por ser casi igualmente eficaz con calados variables, de aplicación á grandes y pequeñas fuerzas propulsoras y por no influir en su utilización mecánica los balances, en unión con la posibilidad de realizar velocidades de 11 millas con las nuevas máquinas que entonces se empleaban cambió todo de aspecto. Projectado por el eminente Dupuy de Lôme construyóse en Francia, hacia el año 1848, el navío *Napoleón*, iniciándose así la era de los buques de combate movidos por el vapor. Multiplicábanse al mismo tiempo los tipos de máquinas y calderas, resultantes no tan sólo de variadas combinaciones de sus partes, sino del empleo del vapor á tensiones y con expansiones crecientes. Obteníanse por tal manera positivas ventajas en economía de combustible y peso de los aparatos.

Con todo ello, todavía en el año 1854, cuando aparecían las calderas Belleville trabajando hasta á 12 atmósferas y se reconocía la necesidad de los condensadores de superficie y de alimentar con agua dulce los generadores de vapor, no se aplicaban estos adelantos en los grandes buques de combate. Lo que caracterizaba á los que después del *Napoleón* se construían en las Naciones marítimas al compararlos con los de la época anterior, era que, además de adoptarse en ellos las poderosas máquinas horizontales,

ya de barra directa, ya de barra invertida, ya de émbolo anular, principalmente preferidas, poseían formas más finas en los extremos y un aparejo más reducido. La transformación no era, por tanto, completa, puesto que aun se conservaba el velamen; pero al aceptar éste un papel secundario, se preparaba modestamente á retirarse de la escena marítimomilitar. Por su parte, el artillado presentaba algunas notables reformas: componíanlo, es cierto, como antes, cañones de ánima lisa que disparaban proyectiles esféricos y se cargaban por la boca; sin embargo, ya Paixhans había inventado años antes la granada, que tan profundos cambios iba á producir.

Por lo demás, es de notar que si bien, como hoy día, ponían en duda algunos el valor táctico y el estratégico de la velocidad, se aspiraba á aumentarla en estos buques todo lo posible, de donde se originaba la tendencia á acrecentar las esloras, porque ya se comenzaba á comprender que las grandes superficies de obras vivas ofrecen menor resistencia relativa que las pequeñas.

* * *

Casi al mismo tiempo que se aplicaba en los buques el admirable invento de Watt, surgía también en Inglaterra una innovación de consecuencias incalculables con el reemplazo de la madera por el hierro en las construcciones navales. Como el vapor, tan sólo se adoptó el hierro, durante bastantes años, en pequeños barcos destinados á la navegación fluvial y costera. Sin embargo, en Inglaterra primero y después en Francia, desde el año 1842 adquirió gran incremento la aplicación del nuevo material en la Marina mercante. Resistíase la de guerra á admitirlo, y no sin

motivo, sobre todo para los verdaderos buques de combate, en atención á la escasa resistencia á la penetración de los proyectiles que opondrían los costados. Era menester otra evolución en el material marítimo para dar al hierro entrada franca en los Astilleros militares, con aplicación á los grandes buques; mas entre tanto, se generalizaba su empleo en los de menor importancia.

No es extraño que muchos Ingenieros procuraran con empeño la adopción exclusiva del hierro en el casco del buque. Supera el hierro, como es sabido, de un modo notable á la madera por su resistencia; por prestarse á recibir las formas más variadas; por la facilidad y seguridad con que se ligan entre sí las diversas piezas integrantes de una estructura; en suma, por su universal y eficaz aplicación al buque, con la certidumbre de obtener cascos de mucha más eslora, con menos peso y más rígidos que los de madera, sin necesidad de triangulación alguna para conseguir una resistencia satisfactoria á las deformaciones.

Púdose, en efecto, con el hierro en lo sucesivo obtener cascos rígidos de duración indefinida con esloras que en la Marina mercante llegaron á tener por medida hasta 10 y 11 veces la manga, no rebasándose en la de guerra de ordinario el límite de siete á ocho veces la misma dimensión á fin de no perjudicar las cualidades de evolución; al paso que en los antiguos buques de madera, de cortísima vida, no era frecuente que las esloras excedieran á tres y media veces sus mangas.

Al substituir el hierro á la madera, como material de empleo predominante en la estructura de los cascos, rompióse bruscamente la tradición secular en los trabajos de astillero. Hubo que crear, no tan sólo nuevos procedimientos de trazado, sino también personal idóneo para la ejecución de las obras. El cambio era radical; y tal arraigo tenían las ideas relativas á la necesidad de robustecer los

buques, tan poco estudiados estaban los recursos que en punto á resistencia ofrecía el hierro, que éste se usó al principio con verdadera prodigalidad en los trabajos; y en muchos casos, sin emanciparse lo debido de ciertas prácticas antiguas, muy lógicas en su aplicación á la madera, dispendiosas é innecesarias tratándose del hierro.

Por fortuna coincidía, según antes he dicho, con esta importante revolución en la Arquitectura naval la no menos significativa y trascendente originada por el empleo de las máquinas de vapor en sustitución del velamen. Y puesto que tanto los Arquitectos de buques como los Ingenieros mecánicos concurrían á un fin análogo en sus esfuerzos y estudios, de los realizados por los últimos se aprovecharon los primeros para proporcionar más racionalmente que lo habían hecho al iniciarse el reemplazo de la madera por el hierro, los espesores de las piezas de este metal y el número y la distribución de los remaches que habían de ligarlas.

Brunel y Fairbairn, ambos peritísimos en la construcción de puentes y otras estructuras de hierro, dedicaron su atención á los trabajos de astillero; y desde entonces, principalmente, pudo marcharse con más seguridad y precisión al proporcionar las partes integrantes del buque. El segundo expuso en su obra de construcción útiles experiencias, los principios más indispensables para el cálculo de la resistencia de planchas y barras y los que aun en el día se aplican para calcular la resistencia de las diversas secciones transversales del buque, asimilado para el caso á una viga armada, proponiendo un sencillo procedimiento para simplificar el cálculo del momento de inercia de cada una de las antedichas secciones. Hizo además ver cuán defectuosamente, de ordinario, se distribuía el material en los cascos de hierro y la necesidad de robustecer las cubiertas altas y los fondos para oponerse con la precisa eficacia á

los esfuerzos de extensión y compresión á que alternativa-mente se hallan sujetos unas y otros en el mar.

La introducción del vapor cambiaba por su parte las condiciones del estudio previo del buque. Cuando éste era de vela, al proyectarlo, se proporcionaban sus formas y estabilidad en términos que pudiera utilizar determinada área de tela en armonía con la velocidad que se pretendiera ó fuera posible darle. Esto era lo primordial y lo que, por tanto, se anteponeía, aunque sin echarla en olvido absoluto, á la conveniente exigencia de disminuir la resistencia opuesta al casco por el agua; caso bien distinto del que se presenta en los buques de vapor, en los cuales, si se ha de obtener económicamente la velocidad, es forzoso, ante todo, sin descuidar la estabilidad, procurar disminuir la resistencia á la marcha.

De donde nació mayor aplicación al examen de estas cuestiones, y el perfeccionamiento subsiguiente de la teoría del buque.

*
*
*

Concurrían á facilitar la profunda transformación, que en la estructura y las formas de los buques se estaba verificando mediante la aplicación en ellos del vapor y el hierro, los estudios relativos á la estabilidad y á la resistencia del agua, cuestiones que una vez consideradas de cerca se las veía más y más ligadas con las leyes que rigen la agitación casi perenne del mar. Las dificultades mismas que entrañaban tales materias, sobreexcitando la curiosidad científica de hombres doctos, les sugerían investigaciones que daban por resultado ya el establecimiento de principios nuevos, ya la rectificación de las ideas más ó menos vagas y erróneas antes dominantes.

De esa época arrancan principalmente los múltiples trabajos que de una manera paulatina, pero no sin tropiezos, habían de aclarar la teoría del buque. Dupin, Scott Russell, Moseley, Rankine, Moreau, Woolley, Dargnies, Reech, Froude (W.), Risbec, Guyou, Bertin, Reed y otros más, con una serie de Memorias y obras importantes, fueron suministrando los elementos destinados á prestar consistencia y armonía á la Arquitectura naval teórica y práctica.

Gracias á las tenaces y pacientes investigaciones de esa pléyade de hombres eminentes, se llegaba á resolver gran número de los problemas que conciernen á la estabilidad estática y dinámica; se completaban y simplificaban los procedimientos de cálculo; se aclaraban y diferenciaban las ideas acerca de los principales elementos integrantes de la resistencia del agua á la marcha; se estudiaban las leyes que los rigen y la influencia del propulsor en esa resistencia; se analizaban los fenómenos generadores de las olas y de las oscilaciones de los buques en ellas; mejorábanse racionalmente las formas de los últimos definiendo las curvas que deben limitarlos y las proporciones de los cuerpos de proa y popa para la mejor y más económica utilización de la fuerza motriz; marcábase la influencia del lastre móvil y de los carenotes de balance cuyos beneficios ya había reconocido D. Bernouilli; poníanse en práctica, con más ó menos éxito, diferentes procedimientos para prever la fuerza propulsora conveniente á la velocidad apetecida; implantábase la experimentación con modelos en escala reducida para perfeccionar las formas y valuar la resistencia al movimiento; estudiábanse y definíanse la índole y manera de obrar de las fuerzas que trabajan el buque en su marcha sobre las olas; y en suma, por no alargar más esta enumeración, iban allegándose y formando cuerpo de doctrina los conocimientos indispensables

para que el proyectista sepa las precauciones que debe guardar y camino que ha de seguir en sus cálculos y trazados, á fin de dotar al buque en lo posible con los requisitos que han de hacerle marinero. Infiérese, pues, de aquí que la luz iba alcanzando á muchos oscuros rincones de las complejas materias que concurren á formar la ciencia de la Arquitectura naval.

No brotaron de golpe todas estas investigaciones, sino que fueron elaborándose en un período que llega á nuestros días á partir del año 1830; pero á medida que se emprendían y era reconocida su utilidad, se ponían en práctica las conclusiones que de ellas se desprendían, y que en abreviada síntesis he enumerado con el fin de desembarazar algún tanto el camino que todavía me falta recorrer, á lo largo del cual fácil será adivinar cuando de un modo sucesivo fueron contribuyendo al movimiento progresivo del buque de combate.

Mas bien sabido tenéis que, á pesar de tantos merítisimos trabajos, no se ha conseguido escudriñar y descubrir cuanto es preciso para prever con seguridad completa la manera como cualquier buque ha de conducirse en la mar. Por desgracia, todavía son muchos los problemas que entraña la navegación para el Ingeniero y que se ofrecen á su estudio rodeados de una obscuridad desesperante.

*
* *

Aun cuando las Marinas militares habían aceptado el uso del vapor y el hierro, abrían lentamente y hasta con timidez las puertas de sus Astilleros á estos instrumentos de progreso, que hacían presentir una nueva era en las campañas navales. No sería justo atribuir esta especie de

hostilidad en lo que atañe al hierro al influjo único de la rutina, hija predilecta de tradiciones seculares; es que también años antes de 1830 había inventado Paixhans la granada, y los efectos de este nuevo proyectil mantenían los ánimos en un estado de caótica confusión.

Así se explica cómo todavía á mediados del siglo último continuaba el navío de madera siendo el prototipo del buque de combate. Sus horas, sin embargo, estaban ya contadas; el cañón venía apercibiéndose á darle el golpe de gracia al substituir los proyectiles esféricos sólidos con los huecos. Porque si bien es verdad que un sencillo casco de hierro no oponía resistencia á la penetración de unos y otros, y además los primeros, esto es, aquellas balas esféricas sólidas, de pesos variables entre 5'5 y 19 kilogramos, despedidas por los cañones que se usaban á principios del siglo XIX, así como los proyectiles de 30 kilogramos lanzados por las carronadas, tan en boga un tiempo, tan sólo abrían en los costados de madera orificios de no gran diámetro, que con facilidad y rapidez relativas eran obturados durante el mismo combate; en cambio podía ser tal el estrago producido, al estallar, por las granadas disparadas por los cañones de 16, 20 y hasta 25 centímetros, ya en uso á mediados del siglo, que seguramente no satisfacía ni era factible la aplicación de simples tapabalazos para evitar la inmediata pérdida del buque. Concluyente prueba de este aserto la ofreció, en 1853, el combate de Sinope, en que fué aniquilada la flota turco-egipcia.

Urgía buscar remedio á mal tan grave, que adquiría proporciones aun más amenazadoras con la adopción sucesiva, á partir del año 1854, de los cañones rayados, los proyectiles ojivales y la retrocarga, mejoras en las que Guillermo Armstrong desempeñó papel preeminente. Proporcionólo el blindaje, aquel recurso que, prescindiendo de los ensayos verificados el año 1782 en el sitio de Gi-

braltar, y de los proyectos, en que se proponía su empleo, elaborados por Grey, Paixhans, Labrousse, los Stevens, Perry, Thair y Tolton en diversas épocas, adquirió significativo desarrollo en 1854 con la construcción en Francia, por los planos de Guyesse, de cinco baterías flotantes, tres de las cuales *Devastation*, *Lave* y *Tonnante*, en Octubre de 1855, tomaron activa parte, á 1.000 metros de distancia, con sorprendente resultado y escasísimo daño propio, en el bombardeo de Kinburn, y que casi al mismo tiempo fueron imitadas por los ingleses.

Pero Dupuy de Lôme, cuya iniciativa en las principales ramas de la Arquitectura naval se hizo sentir mucho tiempo en Francia, y que ya en 1845 había concebido el plan de un buque acorazado, es quien, en 1858, inauguró esta clase de construcciones en grande con el tipo *Gloire*, verdadero progenitor del buque moderno de combate (1). Era la *Gloire* de madera, y para proyectarla hubo de concretarse Dupuy de Lôme á transformar el antiguo navío en fragata, reduciendo con tal objeto en grado considerable el velamen y la artillería, y las baterías del primero á una sola, con lo cual pudo aprovechar el peso así ganado (alrededor de un 16 por 100 del desplazamiento) en proteger los costados desde la cubierta alta hasta dos metros por debajo de la flotación, con un revestimiento de plancha de hierro forjado, de grueso variable entre 11 y 12 centímetros.

No desapareció, sin embargo, con esto el navío, porque casi al mismo tiempo que la *Gloire* construían los franceses un par de acorazados de madera, el *Magenta* y el *Solferrino*, con dos baterías superpuestas; pero estos tipos, en

(1) Refiere Brin que en el año 1856 decía Dupuy de Lôme que no se había atrevido á presentar su proyecto de acorazado cuando lo concibió por temor á que se le tachara de loco. — (*La Nostra Marina Militare*.)

los que la protección de las obras muertas con el blindaje tan sólo era completa en la región central ocupada por la artillería, no habían de tener sucesión y representaron el período agónico del navío.

Inglaterra, mientras tanto, se apresuraba á seguir el camino abierto por la iniciativa de Francia; pero con mejor juicio y acierto que ésta, adoptó el hierro para la estructura de los cascos, determinación que en Francia sólo se tomó ocasionalmente en algunos de sus primeros acorazados.

Al proceder así Inglaterra, introducía al propio tiempo una transformación en el sistema de construcción seguido en los buques. Cuando en ellos empezó á adoptarse el hierro, no se varió sensiblemente, ó por lo menos de un modo notable, la coordinación tradicional de los elementos integrantes de los cascos. El procedimiento llamado transversal era seguido en las construcciones metálicas como en sus predecesoras las de madera, cuando el eminente Scott Russell propuso y adoptó en algunos buques, singularmente en el famoso *Great Eastern*, el sistema longitudinal, que no llegó á generalizarse. Pero las razones en que se fundó al crearlo no se perdieron en el vacío, y sirvieron para que con más cuidado, se atendiera á dotar á los barcos de la precisa regidez longitudinal, cuya necesidad tanto se había de hacer sentir en los acorazados por la sobrecarga de las planchas de blindaje y el acrecentamiento de las dimensiones.

Por estos motivos, en sus primeros buques de coraza, á cuya cabeza figura el *Warrior*, Inglaterra adoptó un sistema mixto longitudinal-transversal que, perfeccionado más adelante por Reed, había de llegar á ser clásico, aunque prestándose á variantes más ó menos esenciales. Este sistema es, en efecto, el que mejor contribuye á combatir con eficacia las flexiones en todos sentidos, á que se hallan expuestos simultáneamente los grandes acorazados, y per-

mite proporcionar las resistencias locales á la intensidad y dirección de los esfuerzos agentes.

En cambio, no adoptó Inglaterra el blindaje en sus primeros acorazados, como el *Warrior* y el *Defence*, para proteger totalmente los costados, sino la región central de los mismos, limitada por mamparos transversales también blindados, más allá de los cuales, en los extremos, quedaba la defensa confiada á simples zonas celulares establecidas en ellos. A esta circunstancia se atribuía por algunos un grado de sensible inferioridad de los buques ingleses respecto de los franceses, inferioridad no reconocida de modo unánime, pero que, dando pretexto á severas críticas, fué motivo para que en varios acorazados, que los primeros construyeron en seguida, se ampliara, como en Francia, la superficie de obras muertas cubiertas por el blindaje. A decir verdad, cuando menos el aparato de gobierno, tan importante por sus inexcusables funciones, quedaba muy comprometido por falta de protección en los primeros tipos ingleses.

El ejemplo que ofrecían Francia é Inglaterra inscribiendo con franca decisión en sus escuadras el acorazado, como genuino buque de combate, fué objeto de rápida imitación en todas las Naciones marítimas, aunque en alguna, como los Estados Unidos de América, revistiendo al nuevo tipo con caracteres de singular originalidad, apropiados á la naturaleza de los parajes en que aquél había de navegar. Allí, en efecto, construyó Ericson, en 1861, el famoso *Monitor*, buque raso de hierro y primero de torre, en el cual había tratado su autor de disminuir hasta un límite mínimo el área visible de casco, y como tal expuesta al fuego enemigo. De modelo sirvió este buque á otros varios, que si bien eran impropios para internarse mar adentro, reunían condiciones adecuadas para funcionar en la proximidad de ciertas costas y en los ríos de América.

En cuanto á las demás Naciones, copiaban con más ó menos fidelidad, en general, á Inglaterra y Francia; Rusia, el mismo año 1861, Prusia, Austria Hungría y Turquía algo más tarde. España lanzaba al agua en 1863 la *Numancia* y la *Tetuán*; en 1864 la *Arapiles*; en 1865 la *Vitoria*; la *Zaragoza* en 1867, y en 1869 la *Sagunto*. De estos buques tenían casco de hierro *Numancia* y *Vitoria*. ¡Cuán lejanos nos hallamos hoy día de aquella época de pasajero esplendor marítimo!

Una vez adoptado el blindaje en los buques de combate tan sólo se explica el empleo de la madera, á que con frecuencia se acudía en los cascos, por el natural deseo de aprovechar los grandes acopios existentes en los Astilleros oficiales; porque, conocida como era la corta vida en buen estado de las construcciones navales de madera (que no pasaba de unos catorce años) y la escasa resistencia de ésta, parecía obligatorio conceder preferencia al hierro, con el que se obtenían cascos un 10 por 100 menos pesados.

Así se vió disminuir rápidamente la aplicación de aquel material hasta quedar por completo desterrado de la estructura fundamental del buque.

De todos modos, el impulso dado en el sentido de la protección metálica había sido vigoroso; y el acorazado, que desde el primer momento conquistó el puesto culminante en las Marinas militares por su indiscutible superioridad, comenzó el período de su agitada carrera bajo los más halagüeños auspicios que no habían de perdurar. Porque con la coraza, tal como se empezó á emplear en los buques tipo *Gloire* y en nuestras *Numancia* y *Vitoria*, si bien se consiguió en su época una invulnerabilidad casi perfecta, no se resolvió sino por breve tiempo el problema de la protección, amenazada y comprometida ya desde 1865 á consecuencia de los progresos de la artillería rayada.

A la adopción del blindaje había respondido orgullosamente el cañón con nuevos modelos más potentes que los usados; y desde entonces inicióse esa ruda rivalidad entre los agentes ofensivos y defensivos, acerca de la cual aun no se ha pronunciado definitivo fallo. Sostenida con tenacidad suma en los campos experimentales de tiro más que en los mares de batalla, y nutrida copiosamente con los adelantos continuos de la Metalurgia, ha servido, en primer término, de base al enriquecimiento de grandes industriales; ha trastornado algunas ideas antiguas de táctica, sin determinar en ésta más cambio substancial que el de la distancia de combate; ha dado origen á enormes sobrecargas en el buque y á la complicación de los servicios; pero esa rivalidad ha sido siempre más teórica que real, como lo demuestra el que todavía no se sepa con certidumbre de ningún acorazado que se haya ido á pique, ni aun en el mismo combate de Tsushima, por efecto de la perforación de su blindaje. Mucho se ha fantaseado sobre este punto; mas forzoso es admitir que, lejos de los polígonos de tiro, en el mar, dadas las condiciones reales de la lucha, nada ha probado plenamente la superioridad del cañón respecto á la coraza. Por lo demás, era lógico que la aparición de los blindajes provocara mejoras en la artillería; inútil esperar que el poder ofensivo se cruzara de brazos ante la defensa, ni que ésta mirara impasible á aquél. En lo sucesivo, iniciada la rivalidad entre el cañón y la coraza, hay lugar para repetir con Bertin: *le canon de demain fera le vaisseau de demain*.

Y ocurre, en efecto, que se suceden unos á otros, á partir de esta época, multiplicados tipos de buques de combate y variadas mejoras correspondientes en la artillería.

En primer lugar, la relativa invulnerabilidad obtenida con la coraza había abierto el paso á un arma nueva, el espolón. Para oponerse á él y á su auxiliar el blindaje,

además de trabajar con empeño en acrecer el andar y en favorecer las facultades giratorias ó de evolución, se aumentó el poder de la artillería; y como ya no se consideraban suficientes los 12 á 13 centímetros de plancha para resistir á los cañones de 24 centímetros, y aun de calibre algo superior que se ensayaban en 1863 y se introducían poco después, elovóse el grueso de la coraza hasta 20 y 22 centímetros en la flotación. Aumento tan extraordinario resultaba imposible, si al propio tiempo se pretendía cubrir con el blindaje todas las obras muertas como en los primeros tipos: el buque quedaría agobiado bajo el enorme peso de la defensa. Hubo, pues, que reducir el área protegida; y así se vió al blindaje contraerse, limitándose á proteger la lumbre del agua por medio de una faja y además aquellas regiones del casco detrás de las que se albergan las máquinas y calderas, así como los puestos destinados á la artillería, formándose con tales fines un reduto que, ocupando la parte central del buque, quedaba definido por áreas más ó menos amplias de los costados y dos mamparos transversales. Este reduto presentábase á veces con los ángulos chaflanados, como en el *Hércules* inglés (1866); otras aparecía coronado en ellos por sendas torres como en los tipos franceses *Marengo* y *Richelieu*, casi en la misma época. Pero á pesar de esta reducción de superficie protegida, llegaba el peso del blindaje á representar por término medio un 19 por 100 del desplazamiento completo.

Como consecuencia de la concentración del blindaje en la parte central del casco, aparecían en juego otros elementos defensivos: el primero, la cubierta protectora ó blindada que, siguiendo el canto alto de la faja, cubría también el reduto á manera de techumbre, á fin de evitar los destrozos á que, sin ella, expondrían los fuegos curvos y también los horizontales durante los balances; y el se-

gundo, ya antes empleado en algunos casos, consistente en zonas celulares establecidas en los extremos desprovistos de protección vertical, y cuyo objeto era asegurar la flotabilidad si penetraban los proyectiles en las regiones ocupadas por ellas.

Al mismo compás que el grueso del blindaje y el calibre y poderío de la artillería, consiguiendo al zunchado y entubado, crecía paulatinamente el desplazamiento, pasando desde poco más de las 5.500 toneladas de los primeros tipos hasta las 9.000 y 10.000; y esto, tanto por reclamarlo así el aumento gradual de los elementos ofensivos y defensivos, como por la imposición de realizar velocidades cada vez mayores. Ensayábase de paso el uso de dos hélices para facilitar las evoluciones con independencia de las demás ventajas que ofrece un propulsor doble, no reconocidas al principio por todos en los buques de combate.

De esta suerte, y á pasos precipitados, se avanzaba hasta los blindajes de 35 centímetros y los cañones de 27 centímetros en el año 1872 y hasta los de 38 y 34 centímetros respectivamente en 1879, época en la que ya se generalizaba el uso de las piezas de acero y empezaba á emplearse el alambre en la fabricación de la más potente artillería. Lo más sorprendente en este punto es el empeño mostrado, principalmente en Inglaterra, por conservar la avancarga. Aun en 1878 se construían en Elswich los cañones de este sistema, de 45 centímetros y 100 toneladas de peso, para los buques italianos *Duilio* y *Dandolo*. Preciso fué que ocurriera un fracaso con uno de aquéllos en 1880, precedido por otro en el *Thunderer* en 1879 al reventar una de sus piezas de 38 toneladas, para que, en lo sucesivo, se adoptara en todas partes la retrocarga.

Con todo esto, la marcha progresiva del acorazado se iba transformando en veloz carrera; á unos tipos seguían otros, con modificaciones más ó menos variadas, que, en

realidad, no eran esenciales, que á veces simulaban retrocesos, y mediante las que el poder ofensivo y el defensivo, en sus cambios y progresos, aunque rivales y de opuestos objetivos, marchaban á la par, de la mano, sin patente beneficio final. Por otra parte, las exigencias cada vez más apremiantes en orden á las velocidades, conducían á la aplicación de tensiones de vapor, de día en día crecientes, y con ellas á la adopción de las calderas llamadas acuatubulares; al destierro de los condensadores por inyección directa y de las máquinas simples, á las que sustituían las «compound», ó de alta y baja tensión, cuyo puesto iban á heredar muy pronto, después de 1881, las de triple expansión concebidas, entre los primeros, por Kirk; y como consecuencia final de tantas concausas, á la obligatoria aceptación de más y más crecidos desplazamientos. Todo esto originaba un estado inquietante de inestabilidad en lo que concierne á las características del buque de combate, estado tanto más incierto cuanto que, próximamente desde el año 1870, venía á complicarlo la entrada en juego, con carácter de arma terrible, de efectos pavorosos, el torpedo automóvil, predestinado de paso á despojar al espolón de gran parte de la importancia que entonces se le reconocía.

*
* *

La idea sugerida en 1861 por Ericson con el *Monitor*, poco después aplicada en América á algunos barcos de mayor porte, fué abriéndose paso gradualmente en Europa, sobre todo en Inglaterra, pero con las alteraciones precisas para conseguir cualidades marineras en los buques de torres. Ofrecían estas especiales ventajas.

Con las torres se domina el horizonte; y un determinado número de piezas, ya alojadas en su interior, ya mon-

tadas en barbata, supuesto un combate con un solo enemigo, puede equivaler por sus efectos á doble contingente de cañones en reductos. Además, el aumento incesante de peso en los blindajes, que en algunos casos llegaba á absorber el 25 por 100 del desplazamiento, aconsejaba en este punto la mayor parsimonia, con la que eran más compatibles las torres que los reductos.

Adoptáronse, pues, aquéllas resueltamente en Inglaterra en 1866, después de algunos ensayos, por instigación de Coles. Al primer barco importante de esta clase, el *Monarch*, proyectado por Reed con dos torres, aparejo y borda alta, que demostró buenas cualidades de mar, hubo de suceder el *Captain*, buque muy raso y de bastante aparejo, construído sin previos y suficientes estudios por Laird. Poco después, á fines de 1870, zozobraba el *Captain* dando la vuelta, demostrando de modo harto lamentable con la pérdida de un buen golpe de millones y la mucha más sensible de 500 vidas, casi la totalidad de sus tripulantes, que no se olvidan en balde las exigencias de la estabilidad. Esta catástrofe, así como otras ocurridas en años posteriores con buques de distinto carácter, sirvió, sin embargo, para que en lo sucesivo se prestara más atención al examen de todo proyecto y se confiaran estos trabajos á hombres competentes, y no á los que, como el infortunado Coles, primera víctima de su error, poseyeran más ingenio é iniciativa que sólido saber.

Quizá en parte, bajo la influencia del desastre del *Captain* y también porque de día en día se dejaba comprender más la inutilidad del aparejo en los buques de combate dotados con poderosas máquinas de vapor, se empezó por entonces á abandonar el velamen reemplazando la arboladura con palos provistos de cofas militares. Construíanse así en Inglaterra, del 1870 al 1873, buques como la *Devastation* y posteriormente el *Thunderer*, con blindajes cuyo

grueso en la flotación no era menor de 30 centímetros y con torres guarnecidas con cañones de 35 toneladas y 30 centímetros de calibre capaces de lanzar proyectiles de más de 270 kilogramos.

Alcanzóse de esta suerte por paulatinos incrementos el año 1881, y con él se llegó al *Inflexible* en Inglaterra y al *Duperré* en Francia, buques ambos excepcionales; de los cuales el primero, proyectado por Barnaby en 1874, mide un desplazamiento de 11.900 toneladas con blindaje de 61 centímetros en la flotación, aunque reducido al tercio central de la eslora, dos torres en alineación oblicua respecto al plano diametral armadas con cuatro piezas del calibre de 40 centímetros (80 toneladas) y densas zonas celulares en los extremos, desprovistos de protección vertical blindada, para asegurar la flotabilidad en caso de averías durante un combate.

A todo esto progresaba notablemente el armamento secundario y en especial desde 1875 el de tiro rápido, sistema que, limitado al principio á los cañones de poco calibre, iba poco á poco extendiéndose á los de más importancia.

Obsérvase en los buques construídos por esa época marcada tendencia á dejar sin defensa metálica todas las regiones en que era posible hacerlo sin excesivo riesgo, que á ello obligaba el extraordinario grueso considerado preciso en el blindaje, y que había llegado á su máximo valor en el *Inflexible*. Con este motivo, y en vista del poder, siempre creciente, de la artillería, discutíase con calor si sería prudente renunciar á la protección metálica vertical de los costados, que tan grandes sacrificios imponía, substituyéndola en extensa escala con zonas celulares y los llamados *cofferdams* (celdas establecidas en gran número á lo largo de las amuradas y alrededor de las escotillas), los cuales, ya vacíos, ya rellenos de substancias de poca densidad, se opondrían á la invasión alarmante del agua del

mar si llegaran á ser perforados por los proyectiles; y con este objeto se ensayaron sucesivamente varias materias, como el corcho, la celulosa de procedencias varias, la voodita, etc., pero sin éxito completamente satisfactorio.

No obstante, Inglaterra, que siempre se había resistido á establecer protección vertical en los extremos de sus acorazados, iniciaba con Barnaby la tendencia á la disminución máxima de la superficie blindada, primero, en el año 1876, con el tipo *Shannon*, y después con el *Nelson*; pero Italia llegaba más lejos en la misma época con el tipo *Duilio*, de 11.000 toneladas y artillería de 100, y, algo más tarde, con el *Italia* y el *Lepanto*, de 14.000 toneladas, en los cuales audazmente renunció á la faja en la flotación, estableciendo debajo de ésta una cubierta protectora blindada, que sirve de asiento á una zona celular muy densa, sobre todo en las amuradas. Concretóse en estos buques el blindaje vertical, cuyo espesor es de 43 centímetros, á proteger un reducto situado diagonalmente encima de la cubierta alta. Tal y tan grande era el influjo ejercido en el ánimo de hombres de la talla del Ingeniero Brin, honra de su patria, por la consideración de los amenazadores progresos de la artillería y la necesidad de atender, además de la defensa, á otras condiciones admitidas como preferentes.

Ardorosas polémicas se sostuvieron durante varios años entre los adversarios y los patronos del blindaje. Cierta es que las cosas habían llegado á un punto en que parecía forzoso que los últimos optaran por la defensa vertical exclusiva de la flotación ó por la de la artillería; tal era el peso de blindaje indispensable para satisfacer cumplidamente ambas necesidades al mismo tiempo. Algunos polemistas, entre ellos el reputado escritor Weyl, se inclinaban á conceder preferencia á la artillería, diciendo que la faja es casi inútil, ya que ni el torpedo ni el espolón la atacan, y en cuanto al cañón, raras veces hiere las regiones

vitales por ella protegidas. Añadían otros, en apoyo de la misma opinión, que en combate importa más inutilizar la tripulación que producir considerables averías en las máquinas; que la destrucción de ciertas partes indefensas puede ser fatal aun conservando intactas las regiones protegidas; y así fué capturado el *Huascar* en la guerra de Chile, no porque corriera peligro de irse á pique ó estuviera inútil, sino después de haber perecido heroicamente sus tripulantes.

Bien pronto resultaron inútiles estas controversias, y era menester abandonar el camino con tanta resolución emprendido por Italia. La artillería, infatigable en el desempeño de su destructor cometido, introducía el uso de los proyectiles cargados con explosivos potentísimos; entraba en escena la melinita y de nuevo había que pensar en proteger la flotación con robusta faja, y de una manera análoga las demás superficies principales de las obras muertas con un blindaje cuando menos de grueso suficiente para provocar la explosión de las nuevas granadas antes que penetraran en el interior de los cascos. Mas esto no era posible conseguirlo con placas de hierro, á las que, si habían de prestar eficaz servicio, se hacía forzoso dar un espesor extraordinario é inaceptable por el enorme peso que exigía.

Todo se hallaba ya, sin embargo, preparado para aclarar algún tanto esta obscura situación, empresa de que había de encargarse la misma Metalurgia, causa principal de tal estado de cosas en unión estrecha con la Química y la Mecánica, puesto que principalmente á estas ciencias se debía la fabricación de enormes placas de 61 centímetros, de pólvoras excelentes y de formidables cañones de 100 y hasta 110 toneladas.

En efecto, ínterin se realizaban, durante el período que se extiende, poco más ó menos desde 1860 á 1880, las transformaciones á que acabo de pasar somerísima revista, que no consienten más amplio examen ni vuestra paciencia ni el carácter sintético que me he propuesto dar al tema que me ocupa, se aparejaba en silencio nuevo cambio transcendente en el material de construcción.

Siempre ha constituido motivo de singular preocupación para el Ingeniero naval el peso propio de los cascos. Destinados éstos á contener y transportar determinada carga ya se trate de la Marina mercante, ya de la militar, gravan con el peso de su estructura el desplazamiento del buque y contribuyen á acrecentar la consiguiente resistencia que la marcha origina. Natural es, por tanto, que siempre se haya tratado de aligerar todo lo posible el vaso. La adopción de las máquinas de vapor y la gabela que su empleo impone de llevar á bordo un repuesto considerable de combustible, venía, en unión con el aumento de carga producido por la artillería y el blindaje en los acorazados, á complicar el problema, en alguna parte aliviado de dificultades, al generalizarse la aplicación del hierro como material predominante en las construcciones navales. Pero ya no bastaba esto.

Por fortuna, primero Bessemer, cuyo procedimiento neumático había empezado á extenderse en la industria desde 1859; más tarde, hacia 1865 Martín, y Siemens en 1868, después de prolijos estudios y ensayos, preparaban el medio de aligerar los cascos con sus aceros dulces, que ofrecían la ventaja de poseer una resistencia á la extensión de 40 á 45 kilogramos por milímetro cuadrado, con alargamientos del 20 al 25 por 100, mientras el hierro forjado no pasaba, en resistencia, de 34 kilogramos, á no ser obtenido en condiciones muy excepcionales que limitaban su aplicación en sumo grado.

Con todo ello, el nuevo material, á semejanza de lo que ocurrió con el hierro, no se abría paso con la rapidez que parecía lógico esperar; lo cual, en gran parte, se debía á las alarmas que, cuando empezó á empleársele en las construcciones, originaban los extraños fenómenos que ofrecía, como, verbigracia, la rotura espontánea, en virtud de causas entonces misteriosas, de las piezas de acero dulce ya trabajadas y concluídas.

No tardaron en dedicarse al estudio de estos fenómenos, que en especial se manifestaban después de haber sometido el acero á la acción del fuego, hombres distinguidos, entre los cuales descuellan en primera línea Barba en el año 1874, y años después, en 1885, Osmond y Werth. Utilizado el acero con cierta timidez en la Marina militar para los grandes buques, dando el ejemplo Francia el 1874 en el *Redoutable*, cuyo forro exterior se hizo de hierro, y el 1875 Inglaterra con mayor decisión en los cruceros *Iris* y *Mercury*, pronto se le aceptó con aplauso en los Astilleros oficiales, provocando en todas partes estudios y experiencias por parte de hombres competentes. Y así, en 1881, ya podía presentar el Ingeniero Berrier Fontaine ante el Instituto de Arquitectos navales en Londres una Memoria en la que detallaba las operaciones á que convenía someter el acero dulce al trabajarlo, y que constituye un verdadero vademécum del maestro de herreros de ribera.

No se concretaba el empleo del acero á la estructura del casco, sino que también empezó á usarse hacia 1876 en las planchas de blindaje el fabricado en el Creusot, ya forjado, ya fundido, aunque no sin oposición, á causa de la facilidad con que resquebrajaba á las de esta clase el choque de los proyectiles, y á pesar de que no eran perforadas como las de hierro de igual espesor. Esta oposición por un lado, y la fiebre dominante de las mejoras por otro,

dieron origen en Inglaterra por el año 1878 á las planchas «compound», obtenidas mediante la superposición á las de hierro forjado, sustituido posteriormente con acero dulce, de una capa de acero endurecido que al uno ó al otro material se soldaba y tenía por objeto resistir los primeros efectos del choque. Vinieron las planchas «compound» luchando al través de varias alternativas con las de acero hasta el año 1890, cuando el perfeccionamiento por Holtzer de la fabricación de proyectiles de acero forjado indujo á reconocer la conveniencia de blindajes más resistentes.

Mejoróse entonces la elaboración de una y otra clase de planchas, entrando además en competencia las de acero-níquel Schneider, que empezaron aventajando á las anteriores con alguna alarma en las principales naciones marítimas, que como Inglaterra y Francia habían protegido todos sus acorazados desde 1881 ya tan sólo con planchas «compound» como Inglaterra, ya con éstas y las de acero como Francia, no bastando para tranquilizar enteramente los ánimos en el primero de estos países la consideración de que, si bien el blindaje «compound» no resistía bien los tiros normales, se oponía en cambio con gran vigor á los oblicuos.

Mas en lo que á este punto atañe, se caminaba á pasos de gigante. El procedimiento de carburación de la capa externa de las placas de blindaje de acero-níquel ideado por el americano Harvey y el análogo de Krupp, suministraron sucesivamente nuevas clases de planchas «compound» sin soldadura, que desde 1893 puede decirse han reemplazado á las demás hasta entonces conocidas.

Al mejorar gradualmente el blindaje, pudo disminuirse su espesor ampliando de nuevo el área de protección ó reducir el peso de aquel elemento defensivo conservando la misma área protegida, puesto que para igual resistencia á la penetración se había ido pasando, con una economía de

unos 0,2 en el grueso, de las planchas de hierro á las «compound» y á las de acero; de éstas á las harveyadas con el beneficio de 0,5 en la misma dimensión, el cual se eleva á 0,6 y 0,7 en las cementadas Krupp; mas fuerza es reconocer que estas cifras no son aplicables á todos los gruesos.

*
* *

Natural era que los progresos realizados en la elaboración de los principales materiales que se utilizan en los buques dieran inmediatos frutos. Desde 1881 vese reconocida, sin disputa, la excelencia del acero dulce, que sustituye por completo al hierro en las construcciones navales, sobre todo al generalizarse el procedimiento combinado Siemens-Martin. De igual manera van empleándose las distintas clases de planchas de blindaje á medida que demuestran en los polígonos las ventajas que las caracterizan. Inglaterra, sin embargo, aunque aprovecha todos estos beneficios y aumenta en sus buques de combate la superficie protegida de los costados, no acepta la faja completa de popa á proa en la flotación, que en Francia gozó siempre de gran favor; pero en todas partes continúan predominando las torres, por más que anden las opiniones divididas acerca de la conveniencia de preferir las giratorias á las barbetas; y es común que, á fin de disminuir el peso de los blindajes para favorecer en primer término el contingente de piezas de calibres medianos, se instalen, con especialidad en Inglaterra, los cañones gruesos por parejas en las torres.

En lo que de modo particular concierne á la estructura del buque, poco hay que notar. Las aprensiones á que daban margen, con justo motivo, los asoladores efectos de

las substancias de gran energía explosiva, como la melinita y sus congéneres sucesivos, lyddita, piroxilina, cresilita, etcétera; y además, consideraciones muy fundamentadas relativas á la conservación de la flotabilidad y subsiguiente de la estabilidad en el caso presumible de que reventara algún proyectil cargado con tales materias dentro del casco después de perforar el blindaje vertical, indujeron á cambiar la situación de la cubierta protectora, que, como ha poco he dicho, era habitual establecer siguiendo el canto alto de la faja. Hasta el borde inferior de ésta hízose descender á aquélla, volteándola á modo de concha de tortuga, para hacer que abrigara en su nuevo puesto los órganos vitales del buque (1). Y no infundiendo bastante confianza por sí sola para este objeto, se juzgó oportuno complementar sus funciones protectoras situando debajo de ella otra cubierta más ligera, á la que suele darse el nombre de cubierta de astillazos.

De esta suerte, y aparte de otras modificaciones en la estructura, no siempre todas en uso, encaminadas unas á mejorar el asiento del buque, como los tanques de los fondos, otras á graduar los balances por medio de orificios abiertos en la quilla interior vertical, al través de los cuales puede pasar, con cierto retardo, el agua de banda á banda durante los movimientos oscilatorios del buque sobre las olas; con mejoras é instalaciones variadas, que tienden á proteger los fondos contra el torpedo; á facilitar la ventilación, el servicio de incendios, peligro que se va alejando mediante la proscripción en lo posible de la madera, cuando menos encima de la cubierta protectora....., se llega al actual buque de combate.

(1) Peligrosa para la estabilidad en combate se considera esta disposición, (criticada por Bertin, y que dió origen á los buques *chavirables*), si no va acompañada de zonas celulares laterales ó de *cofferdams* en gran número.

En él, por otra parte, desde la fecha á que vengo refiriéndome, ó sea desde 1881, extiéndese gradualmente, pero con moderación y no sin resistencia el uso del tiro forzado, recurso que con tanta energía anatematizaba el Almirante Mayne para quien era «un invento del espíritu maligno», y van complicándose los servicios interiores con la adopción progresiva de gran número de máquinas auxiliares además de las precisas para las principales y sus calderas, hasta el punto de que excedan con creces á un centenar en cada buque; tales y tantos son los cometidos que se les confían.

No se planteaban estas múltiples y frecuentes reformas, algunas de ellas esenciales como las relativas al cambio de material de construcción, de artillado, de blindajes, y las obligadas por el aumento de velocidades, sin que se cayera en la cuenta de que era indispensable construir con rapidez. Las obras de un gran acorazado duraban en general de ocho á doce años, tiempo suficiente para que al salir á la mar resultara anticuado reclamando mejoras de trascendencia y no se aprovechara la época mejor de su vida, aquella en que podía haberse distinguido por las novedades que al proyectarlo ofreciera. Daba aún más fuerza á este argumento en pro de la rapidez en el trabajo, la consideración de que toda obra lenta es cara; y así no es de extrañar que Inglaterra, tomando la iniciativa en este punto, para lo cual le favorecía en grado sumo su asombroso desarrollo industrial, reformara los servicios de sus Astilleros y sorprendiera al mundo marítimo con la construcción de grandes acorazados en un plazo no superior á año y medio.

La adopción del acero en los cascos y blindajes, á pesar de favorecer los desplazamientos, en nada moderó ni contuvo su progresivo desarrollo. A éste contribuían, entre otros motivos, con carácter decisivo la necesidad de obtener económicamente las velocidades de marcha cada vez más grandes que se exigían á los buques de combate, el mayor radio de acción considerado indispensable y la conveniencia de mejorar las cualidades marineras, así como los poderes ofensivo y defensivo.

El ejemplo dado por Italia desde el año 1880 al 1883 con sus grandes buques sin coraza, pero ya de casco de acero, *Italia* y *Lepanto*, que andan alrededor de las 14.000 toneladas, más tarde repetido, antes de 1890, en el *Re Umberto*, el *Sicilia* y el *Sardegna*, de 13.000 á 13.600 toneladas, tuvo pronto resonancia en la poderosa Gran Bretaña, que no había de ceder ésta á nadie el paso en terreno que considera propio; porque, como dice uno de sus poetas, «marcan su ruta las ingentes olas y asienta su hogar sobre el abismo (1)». Así es que, á buques como los anteriores, fué oponiendo, después de sus cinco *Admirals*, construídos del 1886 al 1889, todavía bajo el influjo de las ideas que imperaban acerca del valor decreciente del blindaje, el *Trafalgar* y el *Nile*, de 12.000 toneladas el año 1890; y en seguida el *Hood* y los siete acorazados tipo *Royal Sovereign*, proyectados por White, con cubierta protectora á la altura del canto alto de la faja, todos en construcción el mismo año 1890 y todos ellos de más de 14.000 toneladas; más tarde, á partir de 1893, los ocho, tipo *Majestic*, de 14.000 toneladas, con protectora á la altura del canto bajo de la faja; y así sucesivamente en 1898 los del

(1) Her march is o'er the mountains waves,
Her home is on the deep.

(CAMPBELL.)

tipo *Formidable*, con 15.000 toneladas. Y como si esta Nación se sintiera acometida de una fiebre de grandezas, pasa por grados, pero con rapidez, de las 15.000 toneladas á las 16.500 en el *Agamenon* y el *Nelson*, desde 1898 á 1906, año en que se verifica el bote al agua del *Dreadnought*, de 18.000 toneladas, como síntesis ó compendio de la experiencia que, según se dice, ha recabado de la reciente guerra ruso-japonesa.

En este coloso marítimo se ha pretendido acumular los más poderosos elementos tácticos, de protección y combate: la propulsión se obtiene con turbinas que utilizan grandes expansiones y actúan en cuatro ejes; proporcionan vapor á estas modernas máquinas gran número de calderas acuatubulares, Babcock y Wilcox, alimentadas con combustible sólido y líquido, carbón y petróleo; en conjunto, generadores y máquinas constituyen un sistema de conveniente estiva en los fondos, que comunica al barco un andar de 21 millas; y gracias á la subdivisión de las máquinas le dotan con gran facilidad de giro, favorecido además por timones dobles. La protección, estudiada con sumo interés, se extiende á mayor área que en sus predecesores; y al desterrar, como se ha hecho, de este barco á la artillería de mediano calibre, antes tan en boga y que ahora se juzga poco eficaz á las grandes distancias á que, en adelante, se supone han de empeñarse y sostenerse los combates, se ha concedido excepcional y exclusiva preferencia á las piezas de más alcance y poder en la actualidad, como son las de acero de 30,5 centímetros, perfectamente protegidas y distribuídas por pares en cinco torres. Finalmente, contra el audaz é implacable torpedo se han dispuesto los fondos acudiendo á procedimientos no bien conocidos todavía, pero que es de presumir no ofrezcan mucha más seguridad que la conseguida en el *Cesarevitch* ó en el *Borodino*, mediante los mamparos blindados inter-

nos de sus fondos, sobre todo si se tiene en cuenta que el torpedo no se mantiene estacionario y que aún recientemente con el tipo perfeccionado por Armstrong y Witworth se han hecho experiencias en Weymouth durante las cuales se ha visto que esta arma podía dispararse á unos 1.800 metros de distancia del blanco, imprimiéndola una velocidad de 30,5 millas.

Con igual ó poco menos decisión, según los recursos disponibles, han seguido otras naciones los pasos de Inglaterra. Aun después de haber surgido en algunas enérgica oposición de parte de autoridades respetables en la materia (como por ejemplo Maham en América) á los desplazamientos superiores á 12.000 y 13.000 toneladas, han concluído esos países por poner en grada buques tan colosales como el mismo *Dreadnought*.

En este caso se hallan el Japón, con cuatro acorazados, dos de ellos, el *Aki* y el *Satsuma*, quizá puestos en grada antes que el *Dreadnought*, los cuales se computa serán de 19.200 toneladas y 20,5 millas, y los otros dos de 21.000 toneladas y 20 millas; Alemania, con cuatro grandes buques, dos de ellos, el *Ersatz Bayern* y el *Ersatz Sachsen*, de 18.000 toneladas; Francia, con seis de 17.700 y 19 millas que se llamarán *Danton*, *Mirabeau*, *Voltaire*, *Diderot*, *Condorcet* y *Vergniaud*, nombres en su mayoría de no muy buen agüero para su futura suerte; los Estados Unidos de América con dos de 20.000 toneladas y 21 millas, y Rusia, que proyecta acorazados no menos formidables. Inútil parece añadir que Inglaterra no se queda á la zaga y multiplica el número de sus colosales unidades.

Tales son los primeros y tempranos frutos del legado marítimo militar que dejó al siglo xx su inmediato predecesor, como si agotado aquel espíritu inventivo que tantas maravillas creó, ya no hubiera que contar en el presente con otro procedimiento de progreso en construcción naval que el de aplicar una lente de aumento á las características del buque. Induce á pensar así el que aparte de este rasgo distintivo de lo grande, no se acusa en los modernos tipos de acorazado ninguna de esas oportunas y notables innovaciones que, como la adopción del hierro ó del acero y la de las máquinas de vapor, ó como el sistema de construcción celular, provocan una transformación radical é imponen la necesidad de modificar más ó menos profundamente algo de lo existente con carácter peculiar. Todo, al pasar de unos á otros buques modernos, se reduce á disponer con más ó menos acierto é ingenio el blindaje, á establecer y combinar de modo más ó menos formidable las torres, á multiplicar los servicios mecánicos complicándolos con frecuencia, á adoptar generadores y máquinas propulsoras más ventajosas. Nada, en suma, que se refiera al buque como obra de estructura perfectible, que únicamente parece destinada á crecer en proporciones sin descanso alguno.

No se produjo el rápido movimiento ascendente de los desplazamientos en los buques de combate sin que se recrudecieran las polémicas desde fecha ya bastante lejana sostenidas entre los adversarios y los defensores de las grandes construcciones militares. Decían los primeros que los buques colosales se hallan tan expuestos á los innumerables riesgos del mar como otros más modestos; que no ofrecen tranquilizadora defensa contra las varadas, el espolón y el torpedo; que la pérdida de uno solo constituye una calamidad nacional; que el mejor medio de contrarrestar el poderío naval de uno de esos monstruos que la cien-

cia moderna crea, es multiplicar el número de pequeños buques contrarios, por ser abrumadoras las ventajas que en la confusión de la lucha pueden así obtenerse; que las que en punto á defensa contra la artillería poseen los primeros, consiste en una imperfecta y parcial protección; y que por tal causa pueden dejar á un buque fuera de combate dos ó tres disparos afortunados hechos con los modernos explosivos; y, por último, que son limitadísimos los servicios que se recaban de los buques enormes cuando es grande el número de los que podrían prestar otros menores. A su vez, los apologistas de los buques grandes oponían argumentos sintetizados en una frase algo ambiciosa de Brin: Un barco realmente poderoso por su velocidad y sus elementos ofensivos y defensivos, todo lo cual exige gran desplazamiento, será siempre ante un indeterminado número de enemigos inferiores á él en estos requisitos, como un león en medio de un rebaño de ovejas.

Poquísima es la luz que ha producido este choque de opiniones. A decir verdad, son muy complejos los elementos que es forzoso no perder de vista en la controversia: muy variable y de difícil contraste, según los momentos históricos, su influencia y el consiguiente grado de atención que cada cual merece. Lo que en determinado instante gana uno en preponderancia, lo pierde en el siguiente; lo que parecía eficaz en teoría, resulta ilusorio en la práctica de la guerra. Acerca de lo que no cabe duda, es que cuanto más se extremen los requisitos y cualidades que se pida al Ingeniero vaya acumulando en el buque de combate, tanto más constreñido ha de verse á exagerar los desplazamientos; porque al hacerlo puede aumentar la velocidad, el radio de acción, los recursos ofensivos y defensivos, las cualidades de mar, y para favorecer á éstas la altura de obras muertas.

Pero ¿es que va á ser ilimitado este aumento incesante

en los desplazamientos, que desde las 3.000 toneladas de principios del siglo último nos ha conducido hasta las 19.000 y aún más que se anuncian? ¿Puede llamarse progreso á esto, ó es más bien un estado hipertrófico, una manifestación palmaria de los escasos recursos de la Ciencia naval? Son ya hoy día difícilísimos para el Comandante de un *Dreadnought* el conocimiento y el dominio completos del buque que ha de regir en momentos de suprema angustia; no de esa angustia engendrada por la poquedad de ánimo, por el ciego temor de perder una vida á que ya de antemano ha renunciado generosamente, sino de aquella otra alta y noble que alcanza las cimas en que tiene su asiento lo sublime y que abrumba con toda su enorme pesadumbre al que en su barco y en su tripulación ve representada en cifra la Patria, cuyos intereses, honor y porvenir quizá dependan en aquellos instantes de las resoluciones que adoptare. Encerrado un Comandante en combate dentro de su torre de mando ó al lado de ella en el puente si lo permite el fuego abrasador del enemigo, en comunicación acústica ó eléctrica con las máquinas, la artillería, los puestos de torpedos, etc., puede aislarle un ligero contra-tiempo cuando acaso fueren más precisas su dirección é iniciativa. Aquella fuerza colosal puesta en sus manos, quizá quede aniquilada ó resulte estéril á consecuencia de la torpeza de un instante, de un momentáneo aturdimiento, de un sencillo descuido ó de uno de los mil incidentes adversos inevitables á veces al maniobrar ó en combate.

Difícil es en esta era preñada de sorpresas prever el porvenir por cercano que fuere; pero si la marcha natural de los acontecimientos y progresos no experimenta un cambio brusco, como resultado de algún maravilloso descubrimiento, parece no lejano el día en que el blindaje, hasta ahora no vencido en la práctica de la guerra, y el torpe-

do automóvil, mancomunados con el submarino y el buque sumergible lleguen á cortar de raíz la fiebre de los desplazamientos hoy dominante. ¿Quién, además, es capaz de poner límites á las fundadas esperanzas que permiten concebir en esta materia los tenaces trabajos de los que dentro y fuera de España persiguen el objetivo de dirigir con seguridad el torpedo en cada instante y desde largas distancias por medio de las ondas hertzianas? Y entonces, como se ha visto más de una vez, acaso perezca de nuevo el formidable Goliat á manos de un joven pastorzuelo.

Sea de ello lo que fuere, por el momento es de notar, como rasgo característico de la época presente, la extrema confusión que reina entre la gente de mar, tanto en orden á la apreciación de los valores relativos de las características militares del buque de combate, como en lo que atañe á la distribución é importancia de los elementos defensivos y ofensivos. Estamos ya muy lejos de aquel criterio uniforme y sencillo que regía al principiar el siglo XIX. En la actualidad, abogan unos por que los blindajes cubran la mayor extensión posible de las obras muertas, dándoles para ello moderados gruesos. Entienden otros que debe limitarse el área protegida á las regiones más importantes, aumentando el grueso de las placas por exigirlo así el poder creciente de la artillería, que, con el aumento de las velocidades de los proyectiles, la adopción en éstos de las cofias, pone en peligro las partes vitales de los cascos y los puestos de los cañones. Quién sostiene que para ser eficaz la protección vertical ha de extenderse á lo largo de toda la flotación; quién, que basta concentrar la defensa en la región media; quién, que, además de ésta, conviene proteger el cuerpo de proa. Muchos conceden importancia predominante al blindaje vertical, en contra de los que abogan por el horizontal combinado con zonas ce-

lulares. Partidarios y adversarios tiene el calibre único para la artillería gruesa, como las piezas de mediano calibre, como el torpedo automóvil, como las mismas velocidades, consideradas por algunos de escasa transcendencia en combate.

De cualquier modo, hoy más que nunca, el buque de combate, con las enormes proporciones que va adquiriendo y los formidables elementos destructores que ostenta en sus torres y reductos y oculta en sus fondos, es la manifestación más espléndida, soberbia y prodigiosa, al propio tiempo que acaso la más fácilmente aniquilable, entre cuantas se conocen, de la fuerza bruta; fuerza que, en verdad, para agigantarse ha puesto á contribución la Ciencia, en actividad el genio, y á la que han dado realidad práctica amplios recursos industriales, fuentes de riqueza y fruto de tenaz trabajo; pero fuerza, al fin, que amenaza servir para atropellar, con más frecuencia aún que antes, al débil, que brinde con cebo tentador á las extrañas codicias.

*
* *

Asombroso, si bien se mira, es el contraste que ofrecen el buque de combate de hoy y el que en los albores del siglo XIX satisfacía las necesidades y aspiraciones de nuestros padres. No dimanar las diferencias que se observan entre ambos tipos tan sólo de su aspecto exterior y sus dimensiones, con ser tan diferentes, ni tampoco únicamente de los materiales empleados en la formación de su estructura, ni de la diversa índole fundamental de éstas, no; todo en ellos es distinto; y cuando se examina la manera cómo en el uno y el otro tipo se han satisfecho análogas necesidades y cuán limitadas eran las del segundo al lado

de las que reclaman atención en el primero, cuán reducidos recursos industriales necesitaba éste poner en juego para su construcción y cuántos y cuán amplios son los auxilios que de todas las manifestaciones de la actividad humana, solicita el buque de hoy, parece que ambos representan productos de dos civilizaciones distanciadas por largo período de siglos. Claras, extensas y uniformes eran las baterías de las antiguas fragatas y navíos, que montaban en sencillos afustes de madera centenares de cañones manejados á brazo. En el día, las piezas importantes, en número reducido á causa de sus enormes dimensiones, se esconden separadas en recintos estrechos de escasa y difícil ventilación, y requieren para su maniobra complicados aparatos hidráulicos ó eléctricos. Todas las faenas de á bordo, que antes se realizaban poniendo en juego la energía muscular, agrupando la marinería en trozos más ó menos nutridos, ahora exigen el auxilio de máquinas de vapor, hidráulicas ó eléctricas, con la subsidiaria red de centenares de metros de tubería y kilómetros de cable para atender al gobierno del buque, al servicio de la artillería y sus pañoles, al andar, al alumbrado, á la ventilación, á la producción de agua dulce, á la sofocación de incendios, á la leva y fondeo, al servicio de embarcaciones, al refresco de pañoles, etc., etc., necesidades, algunas de ellas, antes desconocidas, todas en el día complicadas y de imposible satisfacción á la antigua usanza. Porque no se ha procedido á capricho al substituir con misteriosas fuerzas de la Naturaleza la energía muscular del hombre, única preponderante antaño.

Mas no por eso han ganado en descanso y tranquilidad las tripulaciones de los buques modernos. Y si no, recordad cómo al marinero que antes, con harta frecuencia, «en noche helada, oscura y tormentosa, rodeado de montañas de agua... tomaba la tabla de jarcias... y venciendo el

horror del instinto salía por la verga para sostener una lucha tanto más terrible, valerosa y abnegada, cuanto que allí nada se ve, ni se oye más que un ruido constante y atronador» (1), ha venido á suceder en nuestros modernos buques el maquinista y el fogonero; aquél, atento siempre (para interpretar su significado) á los suspiros, silbidos y resoplidos del vapor en las tuberías, cámaras, cilindros y válvulas que atraviesa; á los varios ruidos, golpes y vibraciones más ó menos alarmantes que tal vez se oyen ó notan en las articulaciones de las pesadas piezas en movimiento que con incansable afán van y vienen, giran ú oscilan amenazando con riesgos mil al que torpemente se interponga en su paso; consultando á cada instante la temperatura de los mecanismos y recintos, las indicaciones manométricas, la graduación de válvulas y grifos; atravesando en perenne preocupación lugares angostos en peligroso equilibrio por efecto de los balances y cabezadas en medio del laberinto de piezas en movimiento; y á su vez el fogonero, especie de inquieta salamandra, respirando una atmósfera abrasada, casi desnudo, chorreando sudor, sediento siempre, expuesto á perecer víctima de una explosión; ambos, maquinista y fogonero reclusos allá en los fondos, en cámaras á veces cerradas de donde es difícil salir, en pavoroso aislamiento, en la ignorancia de lo que ocurre en las cubiertas superiores, oyendo acaso estruendos inexplicables y amenazadores quizá producidos por el cañón enemigo ó por el torpedo, y que anuncian el momento en que es forzoso despedirse de la vida.

Al considerar las radicales diferencias que existen entre el buque de guerra de ayer y el de hoy, y al reconocer que representan la obra progresiva é inquieta de todo un siglo,

(1) F. J. de Salas.

se ocurre preguntar si como resultado de tantas transformaciones se ha conseguido que los combates marítimos sean menos crueles y mortíferos que antes. No soy de los que niegan el progreso moral, ni por tanto creo, en absoluto, que el hombre, de generación en generación, va siendo peor, como decía Horacio de sus compatriotas (1) Muy lejos estoy de sostener en términos generales que tales cambios han sido infecundos para la Humanidad. Con el fin de realizarlos ha sido preciso que la actividad del hombre corriera desalada en busca de inexplorados horizontes, que alumbrara nuevos manantiales de trabajo, que multiplicara el caudal insuficiente de otros ya conocidos; y en lo que atañe al cometido propio del barco de guerra, es de notar que ya no son posibles aquellos largos, enervantes y penosos cruceros tan favorables al desarrollo de crueles enfermedades como el aniquilador escorbuto; ni tampoco es fácil se reproduzcan en la guerra las terribles escenas de los feroces abordajes. Los hábitos de la guerra se han suavizado algún tanto, es verdad; pero con estos y otros beneficios inherentes unos á las transformaciones materiales á que en el buque de combate han dado origen los tiempos y consecuencia los demás de las ideas dominantes sobre el derecho de gentes, la lucha de escuadras, una vez entablada, no ofrece cuadros menos aflictivos que antaño, ni infunde menos horror, porque éste no lo engendra tan sólo la consideración del estrago más grande que producen inmediata y directamente las poderosas armas del día con sus proyectiles de todos géneros sin excluir el torpedo,

.....

1 : Damnosa quid non imminuit dies:
 .Étas parentum peior avis tulit
 Nos nequiores, mox daturos
 Progeniem vitiosiore

(Odas).

sino la de que casi al mismo tiempo es obra de las substancias incendiarias y de los gases asfixiantes que desprenden los modernos explosivos.

*
* *

Por lo demás, pasando á otro orden de consideraciones, ¿es, cuando menos, por acaso, el actual buque de combate producto acabado y perfecto de la Arquitectura naval en su pleno desarrollo? Si, como se infiere, por la rápida reseña de la caótica revolución que acabo de bosquejar y que en orden á dimensiones y características militares viene sufriendo el buque de combate, no hay manera de establecer una ponderación racional, aceptada unánimemente entre aquellos elementos, tampoco puede asegurarse que, en su parte teórica, la Arquitectura naval, que tanto, sin embargo, ha contribuído al progreso marítimo, haya alcanzado entero desenvolvimiento y proporcione, por tanto, medios idóneos para proyectar los buques con absoluta seguridad de acierto.

Mucho se debe á los infatigables investigadores de que antes hice mérito; y sus trabajos, con los de otros más modestos, forman un cuerpo de doctrina muy provechoso, aunque en él haya que contar á cada pa so con datos experimentales más ó menos inseguros. Pero para comprender cuán extensas son aún las regiones inexploradas de la Arquitectura naval, basta fijar la atención en el presente estado de tan importante ciencia.

Se proyecta y construye todo buque para flotar y moverse, no tan sólo en las tersas aguas de una dársena, sino en cualquier clase de mares; en ellos ha de ofrecer resistencia bastante para soportar, sin sensible fatiga, los es-

fuerzos á que en las variadas condiciones de tiempo, así como de carga prevista ha de verse sometido; en las mismas circunstancias debe poseer el grado de estabilidad que requiera y le ponga á salvo del riesgo de zozobrar; necesita, por último, desarrollar la velocidad conveniente á los fines para que se destina y gozar de completa libertad de giro.

Con facilidad y exactitud relativas, mas no sin prolijos y delicados trabajos, se determinan la línea de flotación, la estabilidad, la fortaleza, la resistencia á la marcha y, por tanto, la velocidad, al proyectar un buque cuando se le imagina flotando y moviéndose en aguas tranquilas. En estas condiciones, suministra el cálculo medios seguros de fijar con toda la exactitud apetecible la flotación para cualquier estado de carga y de asiento, correspondiente á la diferencia de calados que aquélla produzca; y también es posible determinarla una vez supuesto el buque en movimiento (caso en el cual la primitiva línea de flotación se deforma á consecuencia de las alteraciones que en los empujes hidrostáticos, y en mayor ó menor grado, ocasiona la velocidad de marcha), acudiendo al procedimiento experimental, con modelo, sugerido por W. Froude.

De igual manera, en lo que atañe á la robustez necesaria del casco, el Ingeniero puede calcular con gran aproximación, en el caso supuesto de aguas tranquilas, los momentos que en cada sección recta del buque actúan, tendiendo á producir flexiones longitudinales; momentos engendrados por las diferencias existentes entre los pesos parciales que integran el total desplazamiento y los empujes locales del agua, cuya suma, en toda la obra viva, iguala al mismo desplazamiento. El trazado de las curvas de pesos y empujes con el de otra deducida de las diferencias entre las ordenadas de las primeras en cada punto de la eslora, conduce, mediante integraciones gráficas, al co-

nocimiento que de los mencionados momentos es preciso adquirir para proporcionar la resistencia de las secciones á las fuerzas que las atormentan.

Pero no se halla el buque expuesto únicamente á flexiones longitudinales: también obran sobre él diferencias entre pesos y empujes verticales y horizontales que trabajan procurando deformarle transversalmente, lo cual complica el problema del cálculo de las resistencias en términos que ya no admite fácil esclarecimiento ni satisfactoria solución con los procedimientos teóricos hasta ahora propuestos.

Por lo que hace á las condiciones que han de proporcionar un buque estable, posible es preverlas y determinarlas con exactitud en la misma hipótesis de aguas tranquilas. La estabilidad se manifiesta por el grado de resistencia que el buque opone á inclinarse longitudinal y transversalmente, á partir de su posición adrizada y por el valor del máximo ángulo de oscilación que puede alcanzar conservando tendencia á regresar á dicha situación inicial una vez que cese de obrar el agente que le apartó de ella. En la intensidad de tal tendencia influyen, dentro del caso supuesto, la distribución de los pesos del buque, sus dimensiones y su forma exterior, de la que depende la situación del centro de obras vivas. Valúa aquella tendencia, para cada ángulo de oscilación, un par adrizante que el cálculo determina para todos los calados que convenga considerar, así como los centros de gravedad correspondientes á los mismos. Prolijos y pesados son los cálculos exigidos por la investigación de estos elementos: pero, aun cuando es posible evitar unos y simplificar otros con el auxilio de procedimientos experimentales, no ofrecen dificultades; y los resultados, cualquiera que fuere el medio á que se acuda para acopiarlos, se consignan en curvas de sencilla interpretación.

En lo que concierne á la velocidad y, por tanto, á la resistencia que halla el buque á la marcha en aguas tran-

quilas, si bien, á pesar del gran número de fórmulas propuestas, no se conoce un sistema de cálculo que, con entera certidumbre, guíe á la valuación de la resistencia opuesta por el agua y de la consiguiente velocidad que se puede imprimir al buque; con todo ello, el tan delicado como ingenioso procedimiento de W. Froude, que ha hecho obligatoria la instalación de estanques de ensayo con modelos, permite prever, al elaborar el proyecto de un buque, cuál será su andar; sugiere los medios adecuados para armonizar económicamente con el último, las formas del casco, y conduce al análisis, tanto de la resistencia debida al oleaje que engendra la marcha, como de la originada por el rozamiento de las obras vivas con el agua.

Hay, pues, medios, cuando se trata de un buque en aguas tranquilas, para resolver los problemas relativos á su flotabilidad, á su estabilidad, á su andar y aun á la necesaria resistencia de su estructura, á pesar de lo que antes he dicho, porque es grande el acopio de datos experimentales de que en el día se dispone para proporcionar las dimensiones y enlaces de las diversas partes del casco. Pero todo cambia si se considera al buque navegando en un mar agitado.

Porque, en lo que se refiere á la flotabilidad, si bien es muy útil el conocimiento adquirido en este punto con el método Froude, no basta para prever las mudanzas que la flotación ha de experimentar en mares procelosos, ni siquiera en el caso más sencillo de olas regulares de dimensiones constantes; como que en las alturas á que el agua se eleva en las distintas secciones rectas de los costados á lo largo de toda la eslora influyen varias causas de imposible justiprecio, y principalmente la amplitud de la cabezada, en la que intervienen la naturaleza de la ola, la inercia del buque y el valor del par longitudinal adrizante. Aun está por descubrir la manera de calcular directamente lo

que en tales casos ocurre, y tan sólo se puede adquirir algún conocimiento de ello mediante el paralelo con buques similares, siempre que vaya regido por un criterio recto y prudente.

Pues en lo que atañe á la indispensable resistencia del casco, aun son mayores las dificultades de apreciación y cálculo si se supone al buque cruzando toda clase de mares y arrostrando las más violentas tempestades, que para arrostrarlas precisamente se le construye. Y entonces el buque, lanzado en medio de revueltas olas á impulso del trabajo poderoso de sus máquinas, ocupa situaciones variables á cada instante, sujeto á fuerzas que de modo brusco cambian de dirección é intensidad ó se anulan. Atormentan por tales causas á la estructura entera del buque flexiones longitudinales y transversales, torsiones y vibraciones, enormes sacudidas. Y ¿cómo, ni en virtud de qué raciocinios, es dado formarse preciso concepto de la importancia, así genuina como relativa, que á tantos elementos perturbadores de equilibrio hay que conceder? ¿Cómo se los sujeta á las leyes del cálculo matemático? No es posible, en el estado actual de nuestros conocimientos, abordar este problema, ni le resuelve el Ingeniero sino de un modo imperfecto, valiéndose de procedimientos que pecan por omisión de importantes influencias dinámicas.

¿Y qué decir de la estabilidad, objeto de tantos valiosos trabajos? Gracias á ellos, si bien es verdad que no se conocen con exactitud todas las leyes que la rigen en circunstancias cualesquiera, por lo menos quedan definidas de un modo general y útil las causas que gobiernan las oscilaciones entre las olas. La influencia ejercida en mares altas por la inercia del buque y por la resistencia que opone el oleaje á sus movimientos, modifica sus oscilaciones genuinas hasta un grado que no hay manera de precisar, con el exclusivo auxilio del cálculo: mas una vez conocidos el pe-

ríodo propio de oscilación del buque y el de extinción de la misma en aguas tranquilas, ya es posible deducir su comportamiento en alta mar, mediante la combinación de estos datos con otros experimentales que se obtienen ya en el mismo buque, ya en su modelo, con tal que la dirección de la marcha sea la de las olas. Si éstas llegan de través ó por la amura ó la aleta, no hay medio de calcular exactamente su influjo en la estabilidad.

En los buques de guerra hay que tener en cuenta ciertos accidentes perturbadores de la estabilidad, y cuya transcendencia, por fortuna, es posible limitar. Me refiero á las alteraciones que en las cualidades propias del buque engendran las averías producidas en sus fondos por los torpedos ó en sus costados por la artillería. Con una subdivisión interior bien entendida se contrarrestan, en mayor ó menor grado, tales desperfectos; y se estima su influencia en la estabilidad, ya con el cálculo directo, ya experimentalmente; pero su remedio reclama además una reserva de flotabilidad proporcionada á la magnitud prevista ó supuesta del daño posible, y una resistencia adicional en la estructura entera ó en determinadas regiones tan sólo.

Con los resultados obtenidos en un estanque de ensayo al estudiar la resistencia á la marcha, no se ha hecho todo tampoco para deducir lo que respecto al andar será el buque navegando en toda clase de mares. En este caso de nuevo surge la incertidumbre á consecuencia de la imposibilidad de apreciar con exactitud la influencia de las causas perturbadoras de la resistencia al movimiento.

Una de las principales reconoce por origen las cabezadas y arfadas que alteran á intervalos irregulares el asiento del buque y su inmersión y dependen de las formas, y en particular, de la finura ó la rotundidad de la proa; de suerte, que tan sólo el buen juicio y perspicacia del proyectista, auxiliado por la experiencia propia y los datos

que recoja en barcos más ó menos similares, pueden servirle de guía, no siempre seguro, en lo que á este punto atañe.

Por último, la facultad de giro, en la que de modo capital interviene el timón, entraña otra cuestión compleja que no se ha conseguido resolver todavía con el exclusivo auxilio del cálculo. Desconócese, pues, ó no es factible fijar *à priori* con seguridad, ni el área más apropiada á la pala, ni su más ventajoso contorno, ni el ángulo de timón de más eficaz efecto, ni el diámetro de la circunferencia de evolución con cualquier ángulo de pala, ni la influencia exacta, en el gobierno, del lugar que ocupe el timón, de las formas de las obras vivas, de la velocidad de marcha y de la agitación del agua producida por el propulsor. Tan sólo aproximadamente, con fórmulas empíricas, y también valiéndose de comparaciones con buques conocidos, se determinan y fijan en el día los elementos de la pala, que no es raro verse en la necesidad de modificar *à posteriori*.

Quizá, señores, siguiendo el ejemplo de autoridades eminentes (1), haya recargado algún tanto las sombras del cuadro que acabo de esbozar. Mas bien sabéis que en Arquitectura naval ocurre lo que en todas las ciencias. En ninguna ha conseguido el hombre contemplar un cielo sin nubes iluminando un campo de límites fijos, despejado y llano, no; que la extensión de éste es infinita y se presenta cruzado en todos sentidos por insondables abismos é inaccesibles cumbres. Siempre guarda el secreto de cuanto nos rodea

El que da luz al sol, vida á la hormiga,
Empuje al huracán, jugo á la espiga,
Y ante quien no hay futuro ni pasado (2):

(1) Risbec, Bertin, Elgar, entre otros varios.

(2) Duque de Rivas.

siempre será el mundo objeto de las investigaciones y controversias de los humanos.

Es indudable que al abordar el estudio de algunos problemas de la Arquitectura naval se experimenta la congoja que acompaña á la incertidumbre producida por la aplicación de hipótesis arriesgadas ó de teorías que adolecen de falta de precisión: sería, sin embargo, temerario desdeñar la ciencia del Ingeniero, como que, á pesar de todo, las soluciones que da á dichos problemas, aliando prudentemente para ello el análisis matemático y la experiencia, aun careciendo de absoluta exactitud, bastan para satisfacer por completo las necesidades de la práctica.

No es menos cierto, además, que si, como afirma el tímido poeta de Venosa, debía tener «el primer hombre que se lanzó al mar en frágil leño un pecho de roble revestido con triple coraza de bronce» (1), hoy día, á pesar de las nieblas que envuelven á muchos problemas de la Ciencia naval, los buques proyectados y construídos por hombres inteligentes á quienes guíen los resplandores de la Teoría y las enseñanzas de la Práctica, surcan los siempre temibles mares arrostrando sus cóleras sin extraordinario riesgo, sin naufragar por carencia de algunas de las cualidades que para su conservación son esenciales. Así lo demuestra la estadística que, si acusa la pérdida anual de muchos centenares de buques; débese tal resultado á mil causas que tienen análoga correspondencia en tierra, y en nada se relacionan con la impotencia profesional del Ingeniero, en la actualidad poseedor de recursos bastantes para

(1)

Illi robur et æs triplex
circa pectus erat, qui fragilem truci
Commisit pelago ratem
Primus.....

(Odas.)

suplir los desfallecimientos de la Teoría con las sabias sugerencias de la Prudencia.

* * *

Infiérese de cuanto llevo expuesto, con harta torpeza mía y excesivo abuso de vuestra paciencia, que á pesar de los esfuerzos aunados de la Ciencia y la Industria, el buque de combate, en sus transcendentales evoluciones durante el último siglo, ha llegado á un punto que todavía no permite reposo al Ingeniero, ni sintetiza criterio marítimo militar unánime. Difícil es, por tanto, en país tan pobre como lo es España de recursos industriales, escéptico é indiferente además por desdicha en todo cuanto se relaciona con la Marina de guerra, indicar el rumbo que le conviene seguir en cuestión tan vital. Por lo que á mí hace, ínterin no varíen las circunstancias y precisamente con el fin de que su aspecto cambie en sentido favorable, me concretaré á desear tan sólo que los llamados á encauzar la opinión en esta materia no echen en olvido aquel precepto que Horacio nos dejó en una de sus *Sátiras*, y que sintetiza todo un programa político-militar aplicable á nuestra actual situación:

... circa vivite fortes
Fortiaque adversis opponite pectora rebus.

Conquistar las simpatías de los poderosos..... Oponer á los rudos golpes de la adversa suerte pechos varoniles inaccesibles al desaliento..... Preceptos son estos que no, por harto conocidos, dejan de contener fecunda enseñanza; que á la sabia prudencia, á la constancia firme, á la intensa y tenaz labor regida por un objetivo grandioso, el enaltecimiento de la Patria, reserva siempre y más ó menos pronto otorga el Cielo el preciado galardón del éxito.

DISCURSO

DEL

EXCMO. SR. D. DANIEL DE CORTAZAR

Señores:

Si por obediencia á los mandatos de la Academia y, al propio tiempo, por capricho de la suerte, me veo ahora obligado á servir de práctico en la nave que trae á nuestras playas tan ilustre marino como es el Excmo. Sr. Don Gustavo Fernández y Rodríguez, he de procurar, en bien de todos, que el trance sea brevísimo, para evitar que, con mi torpeza, el timonel se equivoque, el barco vaya á pique en la misma boca del puerto, y tal sea la zambullida que, á más del naufragio consiguiente, con el agua que salte lleven un buen remojón los que desde tierra contemplan cómo vamos á dar fondo.

¡Plegue á Neptuno librarnos de tanto desastre, y que siendo yo el único náufrago, aún me permita alcanzar la orilla, no para el imposible de cortarme el cabello, como en casos tales hacían los antiguos griegos y romanos, sino para imitarlos colgándome al cuello el cuadro de mi osadía transformado de exvoto en sambenito!

Sobria, pero concienzudamente, ha reseñado nuestro nuevo camarada la brillante hoja de servicios de su ilustre predecesor, por lo cual yo, en memoria de tan ínclito va-

rón, sólo añadiré unas cuantas frases inspiradas por el reconocimiento.

Perenne recuerdo quedará en los anales de la ingeniería española de los excepcionales méritos del Excmo. Sr. Don José Morer, como es en mí indeleble su memoria, pues siendo niño ya escuché de mi buen padre (q. e. p. d.), que ni los libros de Monge, ni las lecciones de Leroy y de Olivier á que él asistiera en París, ganaban en claridad ni belleza á las explicaciones de Geometría Descriptiva del joven ingeniero español, y después, durante toda mi vida, seguí oyendo elogios de cuantas personas competentes conocían los trabajos del sabio Morer, ya en la Dirección del Canal del Lozoya haciendo la distribución de las aguas potables y estableciendo el completo alcantarillado de Madrid, ya en la Dirección general de Obras públicas ó en la Presidencia de la Junta Consultiva de Caminos, Canales y Puertos, que desempeñó largo tiempo, hasta que atropelladamente fué jubilado, según hubo de reconocerlo poco después el Gobierno al conceder, como en desagravio, al preclaro ingeniero, la recompensa excepcional de la Gran Cruz de Carlos III.

Bastan estos cuatro rasgos, sin descender á ningún detalle, para comprender cuán justo es el galardón de la fama que consiguió Morer y cómo debe honrarse su memoria de matemático, de ingeniero y de hombre de ley, á lo que deben añadirse sus triunfos de inventor y sus conocimientos como eximio aficionado á las Bellas Artes.

Pero al evocar el recuerdo de tan gran amigo, honda pena me aflige considerando que la mano que estrechó la mía no puede ya darme el acostumbrado apoyo, la voz que con frecuencia me animara no suena ya, y el espíritu que más de una vez me infundiera vigor y entusiasmo, hubo de abandonarme para gozar de mundo mejor, y con el precipitado correr del tiempo, aquel mi protector ser

solo un número en la extensa lista de los amigos que rápidamente voy perdiendo, como aviso cierto de que pronto he de ausentarme de los seres que amo con toda el alma.

• Ya porque con la especie de atavismo que en mí va acentuándose tal vez admire con exceso á cuantos sobresalían en las ciencias, la literatura y las artes de España cuando yo era joven, ó ya porque realmente, á pesar de los adelantos incuestionables de estos tiempos, el valor de los actuales maestros sea más uniforme y general, á mi entender es lo cierto que ni de las Escuelas, ni de las Universidades, pueden sacarse en nuestra Nación hombres que de verdad substituyan á los que, por ley inexorable, van desapareciendo de los altos Cuerpos sabios, donde los pocos que quedan del antiguo linaje álzanse sobre cuantos hemos ido llegando después, cual cedros gigantes entre pinos enanos, sabinas rastreras y plantas parásitas.

Exceso de buena voluntad sería á mi ver preciso para encontrar una pléyade de sabios digna de aquellos compañeros del Sr. Morer y con los que éste alternaba por derecho propio; pero tengamos, no obstante, fe en el porvenir, y aunque recordemos justos méritos antiguos, reparemos en los recientes, si son de tal valía como los de nuestro nuevo camarada D. Gustavo Fernández, que al saludarle por encargo de la Academia, se unen en mí el orgullo de la honra recibida y la alegría de felicitar públicamente al amigo cariñoso, con el que hace cerca de medio siglo compartía el derecho de ser, lo que con pintoresca frase dijera alguno de nuestros maestros: *unas fieras para el descanso.*

¡Pero cuán aprisa vamos y cómo con los años cambian las circunstancias! Parece que fué ayer cuando, en 1860, eran compañeros en la Escuela de Minas los alocados muchachos, que hoy encuéntranse con oficios distintos, cambiados en muy maduros varones, jefes de familia, propa-

gandistas del orden y del trabajo, y así vienen á sentarse juntos en la Academia después de largo tiempo de más zozobras y tristezas que de satisfacciones y venturas.

Estas reminiscencias de lo pasado son en mí frecuentes, porque encuentro consuelo al mirar lo que fué, ver en cuán poco suele venir á parar lo más ambicionado, al propio tiempo que observo cómo las ilusiones se desvanecen ante la triste realidad impuesta con fuerza bruta, y si todavía guardo la esperanza de menos sinsabores para lo futuro, es porque son menores los deseos, y puedo también alejar de mi ánimo un completo pesimismo, considerando que, en ocasiones, cual ahora sucede con el Sr. Fernández, obtienen debida recompensa la virtud aunada con el trabajo.

No hay que esforzarse en ensalzar méritos que prueben la justicia de la elección del académico D. Gustavo Fernández, sino que basta una sencilla enumeración de los principales trabajos que ha llevado á cabo durante su larga carrera, en la que ha llegado al elevado puesto de General Inspector del Cuerpo de Ingenieros navales.

En épocas distintas, y durante muchos años, prestó servicio en los arsenales de la Nación, teniendo á su cargo en ellos, los talleres de forja, calderería, fundición, maquinaria y modelos, junto con los trabajos de astillero ó construcción de buques, y con importantes obras hidráulicas.

Ha sido Profesor de las Escuelas de Maestranza en Ferrol y Cartagena; Director de la misma Escuela en este último puerto; Profesor seis años en la Escuela naval flotante (fragata *Asturias*), y ha escrito dos obras técnicas, una de «Construcción naval» y otra de «Máquinas marinas de vapor», de las cuales se han agotado varias ediciones, con la circunstancia de que la segunda de ellas obtuvo informe muy favorable de nuestra Academia.

Es además autor de muchos escritos notables sobre asuntos profesionales, sobresaliendo el que tiene por objeto

la exposición de un procedimiento nuevo para el arrastre de buques en el varadero de Santa Rosalía (Arsenal de Cartagena), trabajo que mereció dictamen bien laudatorio de nuestro insigne compañero D. Eduardo Saavedra.

También el Sr. Fernández ha desempeñado diversas comisiones especiales en la Península; y cuando en 1881 se adoptó generalmente el acero en substitución del hierro para las construcciones navales, recorrió, por orden del Gobierno español, los principales Astilleros privados y los Arsenales militares de Inglaterra, Escocia, Francia, Austria é Italia, regresando á España con un caudal de experiencia y de conocimientos que han podido aprovecharse en bien de nuestra Marina.

Aún falta decir que, bastantes años, fué Jefe de Negociado de la Dirección del Material y de la Inspección general del Cuerpo, Auxiliar del Centro Consultivo de la Armada é Inspector de Construcciones, y en todos estos cargos ha dado relevantes pruebas de saber y pericia.

Fecundo y erudito escritor, hoy se honran con la firma de D. Gustavo Fernández las Revistas de Marina, y en los múltiples artículos que ha dado á luz, mucho y muy bueno puede estudiarse y aprenderse por cuantos á asuntos marítimos se dedican.

Tan incuestionables méritos, premiados con la atinada designación hecha por la Academia, ahora todos podemos aplaudirlos, sin más que fijarnos en el interesante discurso que hemos escuchado, y en el cual, de mano maestra, señala el autor las transformaciones que en la Arquitectura naval, principalmente en los buques de combate, han ocurrido en el último siglo, contrastando con la tradicional persistencia de tipos que hasta ha menos de cien años existía en la Marina.

Temeridad sería en mí comentar el trabajo del Sr. Fer-

nández; pero, en cumplimiento de la costumbre de estos actos, diré algunas palabras que, ayudando el deseo, podrán referirse al asunto.

Sintetizando lo que acabamos de oír, encontramos que los barcos construídos hasta fines del siglo XVIII, lo fueron con arreglo á gálibos ó plantillas invariables, y así, es claro que hubieron de conservarse formas fijas en las naves, donde la madera era el único material, las velas el obligado motor y el bronce ó el hierro el metal de los cañones, que en número de más de ciento se colocaban en tres puentes en los grandes navíos.

Por esto el abordaje se señalaba como el último acto de las tragedias marítimas, y el valor de los combatientes constituía la mejor coraza del barco.

Pero todo ha cambiado, puede decirse, vertiginosamente desde que en 1807 aplicó Fulton el vapor á las máquinas para la navegación, en las cuales substituyó después la hélice á las paletas impulsoras primeramente ideadas, y al propio tiempo que nuevos modelos de motores y calderas se inventaban para los barcos, se establecían en ellos toda clase de modificaciones en el velamen, casi suprimido por completo en la Marina de guerra, cuando se introducen los motores Compound y antes de que se instalen las turbinas de vapor dentro de las naves. Por otra parte, contra cuanto á primera vista parecía posible, el hierro reemplaza á la madera, primero en las cuadernas, después en el casco entero, y desde que Bessemer, Martín y Thómas encuentran modo de transformar rápidamente ingentes masas de hierro colado en acero, éste es el material con que se construyen los buques, desde la quilla á la borda, y el mismo metal se emplea también en las monstruosas piezas de la artillería naval, y hasta en substituir los palos, usando férreos tubos que sirven, no para sostener las vergas, sino cofas donde funcionan piezas de artillería.

Con semejantes elementos, el tamaño de los barcos de combate crece rápidamente, desde dos ó tres mil toneladas, á ocho y diez mil, que ha medio siglo se estimaba como límite casi infranqueable, pero que pasa de veinte mil en los desplazamientos de los acorazados que al presente se lanzan en el mar.

Simultáneamente con estas invenciones se consigue ir aumentando la velocidad de la marcha desde ocho nudos á veinticuatro, y para esto, naturalmente, se emplean motores de fuerza asombrosa, hasta de veintisiete mil caballos, que arrojan á la atmósfera más humo que un volcán en actividad, por dos, tres y cuatro chimeneas tan grandes como túneles; y como debido complemento, máquinas, ya hidráulicas, ya eléctricas, se multiplican para toda clase de servicios en lo interior de tan asombrosos buques, ó mejor dicho, fortalezas flotantes, que van defendidas por corazas, más ó menos extensas, de aceros durísimos, de espesor que llega á treinta y cinco centímetros, y armadas con cañones apareados de cien toneladas de peso, calibre de cuarenta centímetros y longitud de catorce metros, que lanzan proyectiles de ochocientos kilogramos con velocidad inicial de novecientos metros por segundo. Otros cañones, en número de veinte á treinta, de tiro rápido, y variados calibres, completan la fuerza del barco, y á todo ello se agregan cinco ó seis tubos lanzatorpedos, que han de usarse en condiciones especiales ó en momentos críticos.

Naturalmente, el coste de los buques va con todo esto creciendo rápidamente, y desde un millón de reales en que se suponía el precio de un navío de madera, se eleva á un millón de pesetas, en 1848, cuando en Francia se construye el navío *Napoléon*. En 1860, ya son necesarios cuatro millones de pesetas para un buque de combate capaz de competir con el *Monitor* ó el *Merrimack* norteamericanos. En 1870 cuesta en Inglaterra seiscientas mil libras ester-

linas, ó sean quince millones, el acorazado *Victoria*, de triste recuerdo en las aguas del Mediterráneo, donde se hundiera casi instantáneamente. En 1880 no se termina el *Inflexible*, en el arsenal de Woolwich, sin gastar ochocientas diez mil libras, y dos años más tarde, las naves inglesas del tipo del *Formidable* exigen cada una veinticinco millones de pesetas, que suben á treinta á principios del corriente siglo, cuando Francia, Alemania, Rusia y Japón botan al agua sus actuales barcos de combate. Y en progresión siempre creciente se llega, hace pocos meses, al lanzar Inglaterra al mar el *Dreadnought*, ó como pudiéramos decir en castellano, el *Temerario*, á ver gastadas en él un millón setecientas mil libras esterlinas. Y para emular la potencia de este monstruo naval, de 150 metros de eslora, 25 de manga y 8'10 de calado, que desplaza 17900 toneladas, lleva cuatro turbinas de vapor, cuatro hélices; alcanza la velocidad de 21'2 millas por hora; cuenta con 23000 caballos de fuerza efectiva, llega en su radio de acción, ó sea camino que puede recorrer sin ningún auxilio, á 5800 millas, y va armado y defendido de excepcional manera, preparan los franceses seis acorazados iguales, del tipo que han denominado *Danton*, con coste previsto de sendos cincuenta millones de francos; los Estados Unidos tienen en grada el *Michigan* y el *South Carolina*, que se supone costarán vez y media lo que el barco inglés; Rusia decide ejecutar el proyecto del Almirante Birileff para nuevos acorazados, que presupone cada uno en sesenta millones de pesetas, próximamente; y si Alemania calcula que su buque *Wurtemberg* sólo le costará cuarenta millones de marcos, el Japón no retrocede ante sacrificios de ningún género para disponer de los dos acorazados más potentes del mundo.

Y cosa notable: al propio tiempo que de tan colosal manera aumenta el precio de los buques de combate, de

tal modo se han perfeccionado las instalaciones y medios de construcción, sobre todo en Inglaterra, que los acorazados que exigían hace poco tiempo ocho años de grada en los astilleros, hoy se terminan en diez y ocho meses, salvando así el inconveniente de encontrarse con barcos anticuados en el momento en que pueden comenzar su servicio; y se añade á esta velocidad de la construcción, el que la unidad de peso construído resulta más barata que antes.

Mas, después de todo, estos monstruos de la industria y de la ciencia se ven amenazados y expuestos á desaparecer en pocos minutos por la acción de torpedos lanzados por barquichuelos automóviles ó por submarinos y sumergibles, aun cuando se procuren disposiciones y medios de defensa especiales contra enemigos tan ruines á primera vista, pero tan poderosos en realidad.

Yo no dudo que del conjunto de invenciones del siglo XIX se han derivado las circunstancias de los actuales buques de guerra; pero, á mi entender, tal vez porque cuanto sé de estas cosas se refiere al arte metalúrgico, el fundamento esencial para tanta transformación ha sido el adelanto de la industria del hierro, y por ello y por no molestaros con disquisiciones insignificantes de lo que difícilmente trato, renuncio á seguir, como en el timo del Portugués, queriendo hacer pasar el cartucho de perdigones por monedas de ley y me permitiréis que consuma pocos minutos en traer á cuento algunos de mis recuerdos de las fábricas de acero, cuando en ellas vi preparar materiales para la Marina. Cambiaremos así de elemento, pasando del agua al fuego, á ver si se cumple el refrán de que «en la variación está el gusto».

Aunque bien quisiera, nada he de decir ahora de los hornos altos, ni entraré en detalles de cómo el metal obte-

nido en ellos se cambia por la pudelación en hierro dulce, ó cómo se transforma en acero, siguiendo los métodos de Bessemer, de Martín ó de Thómas; bastándome exponer, por cuanto pueda interesar á lo antes dicho de los materiales usados en los barcos, que deben darse por abolidas las divisiones tradicionales de hierro y acero, pues actualmente no existe propiamente ni uno ni otro, sino transformaciones de fundiciones diversamente carburadas en un metal con poquísimos carbonos ó en otro donde este metaloide se halla en mayor proporción, aunque siempre inferior á la del hierro colado; y siendo la diferencia entre los productos á que hoy se dan los nombres de hierros dulces y de aceros por demás indecisa, pues de unos á otros se pasa tan insensiblemente, que no falta quien considere la separación más artificial y difícil que el distinguir por su composición una bola de hielo de otra de nieve fuertemente comprimida.

Es prueba de ello que cuando en 1859 Bessemer, tras seis años de ensayos, expuso ante la Sociedad de Ingenieros de Londres su procedimiento, hubo de manifestar: que no siendo el acero más que una combinación del carbono con el hierro, en la cual entra el primero en la proporción de 1 á 2 por 100 del segundo, y que existiendo en la fundición, con exceso, los elementos del acero, bastaría regularizar la cantidad de carbono para transformar aquélla en éste, lo cual podía conseguirse haciendo pasar una corriente de aire á través de la masa ferruginosa, cuando aún está líquida, para quemar así el exceso de carbono y tener acero perfecto.

Esta es la realidad del procedimiento, y el metal líquido que sale de un alto horno, pasa á una especie de caldera llamada convertidor, donde, con el viento que lanzan máquinas sopladoras de 500 á 600 caballos de fuerza, la masa de hierro fundido se agita hirviente; todas sus moléculas

sufren el contacto del oxígeno del aire que abrasa el exceso de carbono; en pocos minutos la operación se termina, está hecho el acero, y volcando el convertidor no hay más que llenar los moldes donde se solidifican los lingotes de metal.

El espectáculo de una fábrica de acero de fundición es de lo más grandioso que puede darse; y he de recordar ahora la impresión que en mí produjo la visita que á una de ellas, sita en Bethlehem, de Pensilvania, hice años ha en una expedición científica dispuesta por los Ingenieros de Minas norteamericanos para obsequiar á sus compañeros de profesión extranjeros.

Pertenece el establecimiento al opulentísimo Andrés Carnegie, á quien denominan el *Rey del acero*, y entre multitud de grandes edificios auxiliares, se alza un inmenso taller donde se encuentran los aparatos para fabricar el metal: un alto horno colosal, dos convertidores, y dos máquinas gemelas, de 250 caballos de fuerza cada una, que ponen en movimiento los pistones sopladores.

Cuando nuestra visita, después de lleno un convertidor mediante la sangría del alto horno, se dió viento y se alzó acto continuo de la masa fundida un abanico de chispas tan sorprendente y espléndido, que sería imposible imitar con los más brillantes fuegos artificiales, lo que siguió hasta presentarse un penacho de llamas encima del convertidor, signo de la combustión del carbono que tenía la fundición. El ruido que producía el viento en su paso á través de la densa masa líquida parecía el bramido de un huracán, y al poco rato una llama intensísima, tan clara y deslumbradora como luz de bengala, vino á indicar que ya se quemaba el hierro. Se pararon los fuelles, se agregó 7 por 100 de una fundición manganesífera, se sopló de nuevo para hacer bien la mezcla y terminó la operación, que había durado sólo veinte minutos para convertir cerca de cinco toneladas de hierro colado en acero.

Haciendo girar la retorta se vació su contenido que, asemejándose á un río de fuego, cayó en un recipiente de palastro, movable con grúas de vapor, desde el cual se fueron llenando moldes prismáticos apoyados en el suelo, introduciendo en ellos el líquido por un tubo comunicante con el fondo de cada uno, á fin de evitar salpicaduras y conseguir la mayor homogeneidad en la masa.

Por la contracción natural del acero al tiempo de enfriarse, es fácil después sacar los lingotes de los moldes y llevarlos á donde convenga; que en la fábrica de que hablamos se destinaban entonces á labrar cañones para barcos y plazas fuertes, donde el Gobierno norteamericano los empleaba de preferencia á los de la fábrica de Krupp, en Essen, Alemania, de que antes se surtía.

No sólo se usa el sistema de Bessemer, ó su equivalente de Siemens Martín, para obtener acero, sino que, cuando los minerales que proporcionan el hierro son fosforosos, es preciso seguir el método de Thómas, pobre tagarote de un notario de Londres, que estudiando por sí solo los libros de metalurgia publicados por Percy, ideó, en 1879, la fórmula práctica para la desfosforación del hierro colado.

Se sabía ya que si á éste se mezcla en el convertidor cal en proporción suficiente, se forma fosfato cálcico con cuanto fósforo haya, y el acero que resulta es puro; pero como al mismo tiempo la cal reacciona sobre los ladrillos refractarios que forman lo interior del aparato, éste se funde y destruye.

La idea de la transformación era, pues, conocida como excelente pero impracticable.

Mr. Thómas imaginó que si se reemplazaba la camisa de ladrillos por un guarnecido hecho con brea mineral y magnesia, se evitaría toda reacción con la cal, y el resultado que se buscaba sería así perfecto.

Se hicieron las pruebas con éxito completo, y al saberlo

Schneider, director de la fábrica del Creuzot, en Francia, salió inmediatamente para Londres en busca de Thómas, pero llegó demasiado tarde; la víspera el inventor había vendido la explotación de su sistema para el Norte de Francia á un belga llamado Tasquin por veinte libras esterlinas, con las que inmediatamente se había comprado una gran levita y unas botellas de Xerez, pensando, de fijo, que sin alegría y sin ropa negra no se va á ninguna parte.

Schneider sólo pudo adquirir del inventor inglés una patente temporal para su fábrica por veinticinco mil francos, pero cuando quiso ser dueño absoluto del privilegio, tuvo que rescatarlo de Tasquin por ochocientos mil.

Thómas, que murió tísico á los treinta y dos años, poco tiempo después de su invención, aun lo tuvo para hacerse rico, pues vendió perfectamente sus patentes para diversos puntos de Europa y América, tanto, que sólo por una cesión en Alemania recibió tres millones de pesetas.

Tampoco tuvieron por qué arrepentirse los compradores del privilegio, pues les dió pingües productos hasta que el año 1900 entró en el dominio público.

Claro es que la fábrica del Creuzot fué de las más afortunadas por ser de las primeras que adquirieron la patente de la invención de Thómas, asegurando así su puesto preeminente en la industria siderúrgica de Francia y sosteniendo la tradición gloriosa empezada en 1784 cuando se estableciera en las tierras del *Pere Dubois* en lo alto de la divisoria de los ríos Saone y Arroux, donde las capas de hulla que afloran á la superficie, se arrancaban por aquel tiempo, si se pagaba por cada dos carretadas un escudo de seis libras y todo el vino que el viejo Dubois pudiese beber mientras se hacía la carga.

Hoy el Creuzot tiene tal importancia, que sólo encuentra rivales en el mundo con los talleres de Krupp, en Ale-

mania, ó los de Bethlehem, en los Estados Unidos, de que antes he hablado, establecimientos con los cuales sólo puede en España compararse de lejos alguna fábrica de Bilbao ó de Asturias.

Posee el Creuzot para su uso exclusivo 300 kilómetros de caminos de hierro, 1500 vagones y 30 locomotoras, y no obstante, paga anualmente á la Compañía Paris-Lyon-Méditerranée 10.000000 de pesetas por transportes. Las máquinas de la fábrica pueden desarrollar fuerza que pasa de 15000 caballos de vapor, y en aquel establecimiento se labran cuantos trabajos de hierro puedan desearse.

En una visita que yo hice, poco antes de concluir el siglo XIX, vi reproducidas las operaciones que años antes presenciara en América, y omitiendo toda descripción de lo mucho que al más experto aparece en estas fábricas como realmente maravilloso, no puedo menos de recordar á aquellos obreros, verdaderos cíclopes, que casi desnudos y sudando á ríos, á pesar de substituirse cada diez minutos, trabajaban en los hornos de pudelación, tan ardientes, que no obstante estar construídas sus paredes con los mejores ladrillos refractarios, tienen, para no fundirse, que ser bañadas constantemente por un arroyo de agua, que llega fría, y casi de seguida hierve ó se convierte en vapor, y cuando de semejantes hornos se saca la bola que va á *cinglarse* ó golpearse con un martillo pilón, los operarios han de preservarse de las partículas ardientes que saltan, con una verdadera armadura de petos, musleras y brazaletes de acero y con caretas de alambre de latón.

Con los hierros y aceros terminados en los distintos departamentos de la fábrica se obtienen los materiales destinados á multiplicados usos: unos van modestamente á servir de barras, roblones, llantas para carros, flejes y alambres para muelles de colchón, y otros se convertirán en locomotoras, máquinas-herramientas, puentes y barcos. A

su vez, las artes de la guerra absorberán buena porción, y las mayores masas servirán para construir cañones y corazas de buques y fortalezas.

Para preparar y manejar objetos de dimensiones semejantes á los de un cañón de 15 metros de largo y peso de 120000 kilogramos, hay que pensar qué clase de herramientas se necesitan.

Un martillo pilón de cien toneladas que, cayendo desde cinco metros de altura daba un choque de 600000 kilogramos y que tenía con su zócalo y la armadura 1300 toneladas de peso, bastaba, hace diez años, á sacudir martillazos más que suficientes para cascar nueces, pero hoy se estima como inútil al forjar ciertas planchas de blindaje, y hay necesidad de construir un nuevo aparato cuya maza pesará ciento veinticinco mil kilogramos.

También figura en el Creuzot una colosal grúa móvil de de tal fuerza, que transporta, como si jugase, objetos inverosímiles por su volumen, y aun esto parece poco viendo las prensas hidráulicas de tres y cuatro mil toneladas encargadas de comprimir y apretar los zunchos de las grandes piezas de artillería.

La perfección y la fuerza de estas herramientas no garantizan siempre el buen resultado, y hay, con frecuencia, que fundir dos y tres veces los cañones antes de darlos por útiles.

Una plancha de blindaje, que se vende á más de tres pesetas el kilogramo, parece bien pagada cuando se multiplica este precio por los treinta y cinco mil que suele pesar, pero considerando los detalles y las dificultades de la fabricación, no puede asombrar el valor en venta.

Antes de dejarse modelar á gusto del hombre tan formidables masas de acero, tienen que ser recalentadas varias veces en hornos de gas, durante días enteros, á temperaturas de mil quinientos y mil ochocientos grados; y en oca-

siones, cuando parecen concluídas, por una grietecilla cualquiera han de desecharse como inútiles, ser despedazadas y refundidas, y al fin empleadas en objetos de los más vulgares.

Yo he visto fabricar una de esas planchas para blindados, en la cual notó el contraamaestre encargado de la operación que había una ampolla producida por gas aprisionado dentro de la masa. Acto continuo mandó derribar el revestido del horno y sacar el prisma de acero, cuyo calor radiante nos ahogaba á veinte metros de distancia, y los operarios comenzaron á rodear la mole ardiente con planchas de palastro á fin de poderse aproximar, no dejando descubierto más que el trozo pequeño donde estaba la ampolla observada. Treinta hombres armados de espetones, relevándose á toda prisa, pues cada uno no podía aguantar el trabajo más de medio minuto, pinchaban con todas sus fuerzas la masa de acero, hasta que consiguieron arrancar parte de la superficie del metal y que salieran los gases alojados en él. La interrupción duró poco más de una hora antes de poder hacer funcionar otra vez el horno, y esto ocasionó, según aseguraron, un suplemento de gasto de cerca de mil francos.

Tan sorprendentes trabajos exigen la unión de la delicadeza y la fuerza, pues las herramientas más potentes de los talleres de construcción no podrían cumplir la obra á que se destinan si no estuvieran dirigidas por inteligentísimos operarios que logran preciosos resultados con las máquinas de taladrar, de acepillar, de alisar, de encorvar, etc., tan diferentes que si unas á modo de tijeras cortan los palastros más gruesos, cual hojas de papel, ó actuando otras como formones gigantescos, dividen de un solo golpe el mayor lingote de acero, algunas taladran lentísimamente, marchando con movimiento giratorio tan imperceptible, que son necesarios quince días para perforar y estriar el

alma de un cañón, y algo parecido sucede en ciertos cepillos y tornos de alisar, donde se ejecuta el trabajo con precisión tan asombrosa, que se mide la obra por centésimas de milímetro, apreciadas con facilidad mediante ruedas micrométricas.

El vaciado de enormes objetos fundidos, como son los cilindros de vapor de los acorazados, se hace en el Creuzot, dentro de grandes fosas donde cabría una casa de tres pisos y teniendo cuidados especiales, pues ya se use arena refractaria, arcilla, carbón en polvo, magnesia y hasta en ocasiones cera y resina para formar los moldes, hay que calcular de antemano la contracción, siempre de pocos milímetros, pero variable según los casos, que sufre el metal al ser moldeado con materias tan diferentes, pues sólo así se obtendrán las dimensiones dadas previamente y se dejará salida, por entre el vaciado y el molde, á los gases encandecidos que se producen durante la operación.

En este punto, sin seguir más, dejemos los dominios de Vulcano y volvamos á los de Neptuno, para que, considerando yo cumplida mi tarea, renuncie el accidental empleo de piloto práctico que me concediera la Academia, y saltando en tierra desde la nave en que venía embarcado, vea con vosotros cómo el buque echa anclas, tesa sus amarras y queda fondeado ostentando gallardo el pabellón de D. Gustavo Fernández.—HE DICHO.