

La idea feliz de rendir homenaje y de pagar
 un tributo de merecida consideración al insigne genovés en cu-
 ya memoria se celebra este certamen escolar, nos ha impulsado
 por nuestra parte á colocar en la preciosa corona que
 se teje al Genio una modestísima flor arrancada en las
 llanuras esteparias del campo del ingeniero.

Muy perplejos é incógnitos nos vemos en la
 elección de tema. Nuestra perplejidad queda justificada
 si se tiene en cuenta la amplitud y por ende la vague-
 dad de los dos puntos á elegir, y la premura del tiem-
 po para el estudio y desarrollo de los mismos.

Buscando algún precedente que nos orien-
tara en tal dédalo de indecisiones, no encontramos
cosa mejor ni mas adecuada que la brillante y eru-
dita conferencia histórico-científica, dada en el ete-
neo por el sabio inspector del Cuerpo Sr. D. Eduar-
do Saavedra, con motivo del Centenario. El interés
histórico que palpita en las brillantes páginas del
ilustre ingeniero, nos lleva como de la mano al exá-
men histórico de los conocimientos que en ciencias
tuvo el gran genovés, ligerísimo exámen que consti-
tuirá la primera parte de nuestra memoria.

Es tan obscuro y tan complejo el estudio de
la Cosmografía, de la Física terrestre y de las
ciencias exactas, en la segunda mitad del siglo XV,
que no debe extrañar el que los historiadores y con-

2

ferenciante pasen como sobre isenas en todo cuanto con ello se relaciona.

Todos los americanistas hablan de los diversos mitad matemáticos, mitad místicos, del gran genovés. Más cuando se trata de desmenuzar esa frase, de descryptarla siquiera, de inquirir enales eran esos diversos matemáticos y cosmográficos, caemos en un mar de confusiones, y á ciencia cierta no sabemos á que carta quedar-nos.

Muchos aseguran, sintiendo en entusiasmo patriótico lo que bajan en exactitud, que Colón era hombre verdadísimo en ciencias; á tal punto, que en el conocimiento de las mismas ninguno de su época le superó, y pocos, muy po-

cos, se le aproximaron (1)

Hagamos un brevísimio resumen de los conocimientos cosmográficos del genovés, para en seguida pasar á los físicos y matemáticos.

Fuero conocimiento de las ideas que sobre la forma y dimensiones de la tierra tenían los anti-

(1) Castelar, Historia del descubrimiento de América « No comprenderá, ni, en estas críticas horas y en estos instantes supremos al descubridor, quien lo juzgue por las envidias características de un sabio moderno industriadísimo en matemáticas y demás ciencias exactas; con un compás de acero en una mano y un tabla de logaritmos á la vista; de todo arte y toda fé desvestido; estudiando los fenómenos en una observación desprovista de poesía y de esperanza; resuelto por su materialismo dogmatizante á no encontrar en los espacios más la indiferencia brutal del Universo, exclusivamente compuesto de fuerza y de materia »

Después de pintar de ese modo al sabio moderno, (al padre Cechi ó á M. Faye por ejemplo) añádele el eminente escritor.

« Ceballos, ido por sus estudios al cabo de las ciencias matemáticas, y aun físicas tal como entonces las profesaban los mayores maestros. . . . » « Profeta adivinador amén de sabio, vivió con estas utilísimas ciencias de cosmógrafo. . . . » « Parece ir evocando continentes al conjunto de ideas entre matemáticas y teológicas inspiradas las primeras en sus estudios técnicos. . . . »

3
guos por varios conductos a un tiempo.

Atendamos a la fuente donde han bebido los americanistas, los cuales en su casi totalidad, como dice Menéndez Pelayo, no han hecho otra cosa que desparanamar por revistas e ilustraciones los admirables libros del sagacísimo Humboldt.

Por el libro del famoso cardenal Pedro d' Etylli, *Imago Mundi*,⁽¹⁾ conoció las opiniones de los antiguos Aristóteles, Platón, Séneca, etc.. La sostenida correspondencia que mantuvo con el florentino Pablo Toscanelli afirmó sus creencias de buscar el Oriente por Poniente, los mapas de Martín de

(1) (*Imago Mundi*, cap. VIII) « *Uiam expertum est quod hoc mare navigabile est paucissimi diebus si ventus est conueniens, et ideo illud principium Indice in Oriente non potest multum distare a fine Africe.* » Véase Humboldt, *Examen crítico*, pág. 60.

Bohemia; - el famoso cartógrafo predecessor de Mercator; - lo aseguraron más si cabía - en la prontitud de la llegada, y por último exaltáronlo y acabaron de decidirlo los esenitos del veneciano Niccolò de Conti, el cual acababa de llegar a Florencia (1414) después de veinte años de viaje por los mares de la India.

He ahí el brevisimo resumen, cosa que anda en boca de todos los americanistas, de las causas que le movieron a emprender el viaje: he ahí los conocimientos geográficos del gran marino.

Llegamos por fin a la primera parte de nuestro trabajo.

¿Colón fue un matemático? ¿Co-

¿fue un gran físico? Menéndez Pelayo (1) contestará por nosotros. Véase lo que sobre ello dice, y véase lo que sobre lo mismo dice Humboldt (2). Son tan idénticas sus opiniones que parecen dos gotas de agua; y no es que con esto queramos dar a entender que nuestro primer crítico copia a Alejandro Humboldt. ¿Cómo suponer eso en nuestro mentisimo Menéndez Pelayo? Es que en esas palabras condensa

(1) M. Pelayo, De los Historiadores de Colón. De la revista *El Centenario*, pág. 441, «El notable descubrimiento de las variaciones magnéticas, unido a ciertas consideraciones generales, de que apenas hay otro ejemplo entonces, sobre la Física del Globo, ya en lo relativo a la influencia de las líneas isotermas, y a la distribución del calor según la influencia de la longitud, ya sobre la acumulación de plantas marinas, ya sobre la dirección de las corrientes, y sobre la especial configuración geológica de las Antillas, le hizo entrever la ley de conexión de ciertos fenómenos por él observados con una lucidez todavía más digna de admiración si eran tan endeble sus conocimientos matemáticos como da a entender Humboldt, y no podía aplicar a los resultados de la observación el poderoso elemento del cálculo.

(2) Humboldt, *Cosmos*, Tomo II, pág. 319. París 1848. «Parmi les traits

Humboldt el concepto que en ciencias le merecía el gran navegante. Menéndez Pelayo siguiendo otros derroteros llega a las mismas playas. Para uno y otro tiene encanto inolecible cuanto con el descubridor se relaciona. Leyéndolos atentamente salta a la vista su deseo de presentar a Colón como vértice de donde irradiaron los fulgores científicos del Renacimiento. En ese siglo, que como dice (1) Faine, «es el gran siglo de la Europa, y el momento mas admirable de la vegetación humana,» presentámos al ma-

características de Christophe Colomb, méritent surtout d'être signalées la pénétration et la sûreté de coup d'œil avec laquelle, bien que dépourvu d'instruction, étranger à la physique et aux sciences naturelles, il embrasse et combine les phénomènes du monde extérieur. Et son arrivée dans un nouveau monde et sous nouveau ciel, il observe attentivement la configuration des contrées, la physionomie des formes végétales, les mœurs des animaux, la distribution de la chaleur et les variations du magnétisme terrestre »

(1) H. Faine, Histoire de la Littérature Anglaise. T. 1.º pag. 251

nino como wellmitoma gigantea que extiende atrevida-
mente sus ramas, cobijando bajo ellas y haciendo revivir
a su sombra todas las ciencias de los alejandrinos y
pitagóricos, todos los métodos experimentales de etber-
to magno y Rogerio Bacon, cuando los cruzados apren-
dieron en Oriente al frotarse con los restos de las anti-
guas civilizaciones helénicas, y cuando los árabes impor-
taron en el Occidente. ¡ Loable anhelo el de sublimar
y divinizar al loco de la Tumba de Córdoba!.

Quien embargo, la crítica imparcial no
puede ver en Colón un gran sabio de su época, ni
mucho menos; pero ve' en él una gran figura, un ver-
dadero genio que se destaca en los horizontes de su
tiempo como altísima cumbre que se destaca sobre
altísimas cordilleras.

Es verdad, y él lo refiere en sus cartas, que observó la variación de la aguja magnética y que de dicha variación dedujo y comprobó la existencia de un meridiano en el cual no había declinación, en el cual la aguja se dirige hacia la polar, y en donde, por tanto, meridiano magnético y astronómico se confundían. (El lenguaje que empleamos ya sabe mos que no es rigurosamente exacto; los meridianos magnéticos no son círculos máximos en la esfera del mundo sino curvas excesivamente sinuosas.)

Pero es también verdad que no atribuyó el fenómeno a las condiciones magnéticas de la tierra, atribuyéndolo a que la Polar «no marcaba exactamente el Polo astronómico, sino que verificaba un movimiento que no era seguido por la aguja:» en suma;

que lo que variaba, según él, no era el Polo magnético sino la Polar.

Está fuera de duda que ya en el siglo XIII los marinos venecianos, catalanes y mallorquines habían observado en el Mediterráneo desviaciones de 8 y 10 grados en la aguja. Y el mismo Humboldt asegura que de algunos escritos de Zuhí, de nuestro gran Raimundo Zuhí, deducese que esas variaciones eran conocidas por los chinos desde tiempo inmemorial, siendo la causa de que algunas caravanas guiadas y orientadas por lo que ellos llamaban balanza magnética, perdieran el verdadero rumbo en las estepas de la Mongolia⁽¹⁾.

(1) Véase Raimundo Zuhí, De contemplatione y Arte de Navegar.

Pero aun dado caso que Colón hubiera si-
do el primero en notar esas observaciones, ¿podría
deducirse de esa simple observación que hechó los
fundamentos del magnetismo? ¿le bastaría pensar
por ello que fuera un gran físico? ¿hubiera atribuido
a las auroras boreales ó australes, a las tormentas,
a las erupciones volcánicas, al calor solar, a la in-
fluencia de la Luna, a propiedades de las aguas
marinas, y entónces con muchas reservas mentales
y con un espíritu muy benévolo, podría decirse que
adivino, — no que hechó los fundamentos, cosa muy dis-
tinta, — que adivino el futuro magnetismo. Pero al
creerle todo una consecuencia del movimiento
de la Polar, no es posible decir sin notoria exa-
geración que la historia del magnetismo tenga

denda alguna con el gran navegante.

Oi Galileo hubiera observado pura y simplemente el isocronismo del péndulo, y de ahí no hubiera pasado, ¿diríamos que hechó los fundamentos de la Dinámica?

En las ciencias, tal y como las entendemos hoy no basta - no; la observación aislada de hechos, sino se procura relacionarlos; aunque parezca paradoja, tiene mucho más mérito y mucha más trascendencia, dar una explicación científica, - verdaderamente científica, - de un fenómeno que en el fondo es una absurdidad, que dar una explicación absurda de un hecho exacto y comprobado. Cien veces diferentes.

En el magnetismo, de que nos venimos

acompañado, mi observador nota la desviación de la
aguja: eso es algo ¿qué duda cabe?. Pero explica
esa variación de un modo quimérico; pues este ob-
servador no ha prestado a la Física terrestre sino
un servicio como uno. Viene después de éste otro que
sostiene una idea disparatada; sostiene v. gr. que
cuando las manchas del sol se acentúan, vienen
pestes; sostiene que vienen pestes con las auroras
boreales; que los terremotos traen epidemias; que
las erupciones volcánicas traen gérmenes que diez-
man a las naciones. Hasta aquí cuanto ha pensa-
do es una pura quimera; pero comienza a' relacio-
nar causas, enquiera a' relacionar las auroras bo-
reales ó australes con el movimiento de las man-
chas del sol; encuentra conexión entre los movi-

mientos sísmicos y las erupciones volcánicas y a' su
ver entre estas erupciones, entre aquellas auroras y
entre aquellas manchas; saca como consecuencia
final que manchas, auroras, volcanes y terremotos
tienen algo de común: «traen pestes, dice él; y esos fe-
nómenos deben de ser correlativos». La primera con-
secuencia, el traer pestes para al campo de lo inútil;
la segunda consecuencia, la correlación, para al cam-
po de la Física terrestre y en él hecha raíces; luego
ya vendrán sabios sucesivos a' regar esas raíces, a' sol-
dar con cadena inquebrantable lo que él unía con
un hilo de araña. Este segundo observador, es indudable
que ha prestado a' la teoría del magnetismo
incomparablemente más servicios que el primero.

Y no hay que darle vueltas; para pasar

a la posteridad como genio científico, imponerse en las ciencias de experimentación la explicación razonada, así como la demostración rigurosa en las regiones de lo especulativo. Por eso Copérnico es el padre de la teoría que explica nuestro sistema planetario, tiene mucha menos gloria, — mucha menos, — que su sucesor Kepler que demostraba las famosas leyes planetarias, — leyes, según algunos adirridados, por Copérnico. Por eso Kepler a pesar de haber sentido con intuición sagacísima y casi milagrosa las atracciones newtonianas, no robaba ni empuña en un ápice la inmensa gloria del gran geómetra inglés, del inmortal Newton.

Las ideas como dice con profunda verdad Lamar-
tine⁽¹⁾ «parece que flotan en el aire como miasmas

(1) *Essais*, Bristol Colón, Tomo 1.º pag. 34

intelectuales y que millares de hombres los aspiran
al mismo tiempo. Pero ahí está la clave; que no bas-
ta oler la idea, es menester cogerla fuertemente,
instalarla en esas mismas y en forma clara, palpable,
transparente, ofrecerla al espíritu de los hombres. El
que los instalara es el que arrastra con todo el renom-
bre, con toda la gloria, sin dejar partícula alguna
para los demás. Para convencerse de ello plena-
mente no hay más que hojear la historia de las
ciencias.

Pero volvamos a nuestro asunto. Hay
quien atribuye a Colón la determinación de la lon-
gitud por medio de la hora. Baste decir que la
posibilidad - la posibilidad únicamente, - de de-
terminar la longitud por medio de un reloj.

no se demostró por primera vez hasta 55 años des-
pués del descubrimiento (1517), por el profesor
de Lovaina Gemma - Frisius.

Los mismos que esto dicen hablan de la
medida exacta de un arco del famoso Meridiano
que el Papa puso como límite de demarcación de
las tierras que descubrieran españoles y portugueses.
Sin duda los que tal afirman desconocen que Fer-
nel el médico de Enrique II fue el primero que
midió el arco entre París y Amiens 33 años des-
pués del descubrimiento (1525), y aun esa misma
medición no tuvo nada que de lejos ni de cerca
se rozara con la Geodesia: como que lo midió
por el número de vueltas que dieron las me-
das del carruaje que lo transportaba.

10
Si Colón hubiera medido el arco del Meridiano, y conocido la verdadera magnitud de la tierra a buen seguro que se hubieran leído de las famosas cartas que le escribiera Pablo Toscanelli, cartas en las cuales el mortal genovés tenía una fe ciega y que sin duda alguna fueron las más poderosas fuerzas que le movieron a hacer el viaje. Si Colón hubiera medido el arco del Meridiano y se hubiera asegurado de la enorme distancia que media entre Lisboa y Cataij, entre Lisboa y Cipango, entre Lisboa y las tierras del Gran Kan, en suma entre las costas europeas y asiáticas, si hubiera conocido a ciencia cierta esa distancia, dudamos muy mucho, dudamos muchísimo con Humboldt que hubiera tenido aquella confianza inquebrantable, aquella fe

sublime en su proyecto.

Y llegamos a la teoría de la luz que ciertos admiradores suyos le atribuyen. Si; que atribuírsela es decir que en Salamanca explicó porque se formaba el arco iris delante de astrólogos muy entendidos.

En manera alguna podemos dar crédito a semejante afirmación; no ya él, ni el mismísimo Leonardo de Vinci, coetáneo suyo y sin duda alguna mas entendido que él en lo que a Física se refiere, sospechó la causa verdadera del fenómeno. Hay que hacer una distinción en este punto: la refracción de la luz era conocida desde los tiempos de Tolomeo, y áun espíritu perspicaz como el de Colón no se le escapaba.

na; pero la teoría de la descomposición de la luz
por refracción, la explicación que hoy damos del
arco iris, el rayo de sol descompuesto por la esfera
de agua, eso no lo supo el hombre hasta que lo
dijo Newton; así como la polarización de la luz en
el equator de Islandia, no se supo hasta Huygent;
y la polarización por reflexión y la aeromática has-
ta el tiempo ^{de} Chago. No pueden tener razón los que
aseveran que pudo leer algo de ello en el libro de
Raminolo Tuli « Fenix de las Maravillas del
Mundo », pues aun cuando no conocemos ese libro,
es indudable que el sabio Humboldt que tantas
veces lo menciona nunca hubiera pasado por tal
hecho de tal trascendencia. Algunos hasta le atribuyen
el descubrimiento del antejo ó al menos

el conocimiento del mismo.

No podemos creer que ese instrumento
fuese conocido en tiempos de Colón; pero aun su-
poniendo que el antejo ya se hubiera inventado,
es seguro, según mis noticias, que ^{de} él nunca tuvo noticia el
gran Almirante. ¿Si Colón hubiera conocido el
antejo, no lo hubiera mostrado á la Reina Católi-
ca en el sitio de Granada, para que con él obser-
vara las escaramuzas entre los guerreros?

En el hermosísimo libro que acaba
de publicar el Sr. D. José M. Oseari, nos ha
extrañado sobre manera uno de los muchos y muy
preciosos grabados que ilustran la obra. Representa
el dibujo un camarote en el techo del cual véase un
comparto abierto y como clavado en él; en la pared.

del frente se dibujá confusamente un empujijo; sobre
una mesa apoyada contra la pared, distinguense li-
bro, cartas de marear, mapas abiertos, un semi-círculo
graduado, una brújula, una esfera del mundo, y apo-
yándose en la esfera un antejo abierto, es decir, desen-
chufados los tubos que lo forman. No queremos su-
poner en la gran erudición del Sr. Otsensio que
haya dejado pasar ese grabado sin ciertas reservas
mentales. El sabe mucho mejor que nosotros, que la
primera referencia auténtica sobre el antejo, es
una resolución de las Cámaras holandesas, fecha-
da el 2 de Octubre de 1608, es decir, ciento veinte
años posterior a' Colón. «(1) Un año más tarde (Año
1609) fué Galileo a Venecia y oyó hablar del antejo;
Constuyó uno y recibió mil florines»

(1) Francisco Renleane, Los Grandes Inventos, Tomo 2º pag. 404.

Y no se nos diga que ese atraso científico
es un delirio a la época. Desde los tiempos de las
Cruzadas, pués el Occidente en contacto inmediata-
to con los restos de las civilizaciones griegas. Absimi-
laron los occidentales los tesoros vivientes de la cul-
tura árabe y progresaron grandemente en las cien-
cias. Alberto Magno, Rogerio Bacon, Raimundo
Lulio y cien más, lo atestiguan. Los siglos
de la Edad Media no eran tan oscuros, tan te-
nebrosos como vulgarmente se cree. Pero, ¿qué más?
en la misma época de Colón, fueron esas antorchas
que se llaman Leonardo de Vinci, Copérnico, Lu-
cas Paciolo, Marcos de Benavente, Regio-Montano
el fundador de la Trigonometría, Nicolás de Cusa
el famoso Cardenal que creyó haber encontrado

la tan decantada madadura, Alberto Dürer, el matemático poeta que parece engendrado por Leonardo de Vinci, y muchos más. Claro es, que estos sabios no fueron sus resplandores pasajeros si se los comparan con las vivisimas hogueras que en los materiales acumulados produjeron el genio de Kepler un siglo más tarde, o el del gran Newton, siglo y medio después; pero en fin, ello es que en la época de Colón se sabía mucho más de lo que supiera el misino navegante.

La verdad desnuda, pero a nuestro patriotismo, es que el Renacimiento científico hizo sentir en toda Europa, en tanto que nosotros muy adelantados, más que nadie si se quiere, en ciencias teológicas, quedamos muy a la zaga en ciencias

exactas, a tal punto que quizá hoy sintamos
reminiscencias de aquella larguísima enferme-
dad. Cuando dos siglos mas tarde los sabios
de Europa andaban proponeiéndose uno a otro
aquellos famosísimos problemas que los hacían
discutir de un modo que hoy realmente asombra,
nosotros no salíamos de discusiones filosóficas ni
del silogismo aristotélico.

¡Ciertos espíritus ciegamente apasiona-
dos por nuestras glorias patrias, tal vez creerán sin
comprender el fondo de nuestras intenciones que
queremos rayar el primísimo camafeco que encierra
la gloria inmarcesible del inmortal navegante.
Se equivoca quien así nos juzga. Ourre preci-
samente lo contrario; es que queremos deslindar
bien las fronteras. Cristóbal Colón no necesita ese
falso barniz de sabio para brillar en la historia
de los hombres como estrella de primera magni-
tud. — « Colón fue el primer sabio de su época,

y su ciencia hizo presumir la existencia
de Eternidad — Si eso no es cierto, si eso
no es verdad, ¿a' que decirlo?

Colón no fue un sabio ni mucho me-
nos, pero fue un genio entre los genios y muchí-
simo más. Esto decíamos en páginas anteriores
y esto robemos a' repetir. El genio es la piedra
preciosa, purísima, que no necesita engarce de oro,
montura de sabio, para brillar por siglos de siglos.
Dígame de una vez, dígame claramente que Colón
fue un brillante montado sobre acero y no en oro;
por que si se involucran los fundamentos de su
gloria, al demostrar que el oro no es tal oro, se cree
que la piedra no es tal piedra, y ya lo hemos
dicho el oro podría ser de acero, pero la piedra es

de lo más puro, de lo más ¹⁵ nio que se registra en la
historia de los grandes hombres. Esa piedra que sim-
boliza el genio y los contratiempos del gran navegante
es una lágrima, una verdadera lágrima.

Propúsose despejar las niecóguitas de aquel
mare tenebrarum, donde siglos y siglos habían ido
acumulando los hombres monstruos apocalípticos, ho-
ribles ensueños feroces, estirpes horripilantes, leyen-
das medievales que ponían los pelos de punta, is-
las que por causas desconocidas navegaban sinque-
saculas por fuerras ocultas, y cien cuentos a cual
más fantásticos y melancólicos, y despejó todas esas ni-
eóguitas con una fé, con un convencimiento, y con
un valor que hacen duolar casi de su naturaleza
humana.

¿Qué en su problema encontró una micóquita con que
no contaba? ¿puede eso acaso empañar su gloria? El
lo planteó admirablemente. «¿La tierra es redonda?»;
pues caminando hacia Occidente encontraré el...
país de las especias, las tierras del Preste Juan, el
país de Marco Polo». ¡Ah! el etimólogo al encuen-
tro; saltó - valga la frase - era variable en su pro-
blema, y la despejó también. Eso es todo. Eso es lo
que quieren que aminore su divina gloria; haber
despejado la primer micóquita que le salió al en-
cuentro. ¡Oh!; si fuera á leerse en la intención
de los grandes inventores, ¡cuántas Américas, cuan-
tísimas encontraríamos en cada gran descubrimien-
to!

¿Quién podría asegurar que Newton

buscaba sus grandes leyes de atracción y no enal-
quier otro problema de Mecánica? ¿Quién podría
jurar que Kepler buscaba sus cuadrados de tiempo
y sus cubos de distancia? ¿Se puede pedir que Co-
lon' hubiera tomado, medido, y pesado piezas de
que ni aun se sospechaba la existencia?

Colon' hubiera pasado a la posteridad
con América y sin América; Colon' hubiera sido
una gran figura en la Historia aunque no hubiera
existido el Nuevo-Continente. ¿Qué hubiera ocurri-
do de no existir América? — ¿Pues que después del
famoso plazo de los tres días — si es que tal plazo hu-
bo — hubiera regresado a las costas europeas o africa-
nas; la empresa por el pronto habría fracasado; pero
sus conocimientos náuticos, su fe, su abnegación hu-

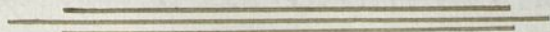
hieranle llevado a las costas de la India al
frente de las flotas portuguesas. Camoens no ha-
brá nacido para cantar la epopeya de Vasco
de Gama, sino para cantar la suya.

¿Que Colón no fue matemático? Es ver-
dad; con harto sentimiento lo repetimos. ¿Qué
hermosísimo no parecena su nombre, que bien cae-
ría al frente de los grandes teoremas geométricos!
¿Qué mecánica mas divina la que emperara con
este teorema fundamental, — Teorema de Cristóbal Co-
lón! — ¿Qué deliciosamente sonaría este nombre en-
tre las leyes de Kepler, las de Newton, los ejes mistan-
táicos de Euler, el Teorema de Julio Morri, el
principio de D'Alembert o el péndulo de Galileo!

Pero después de todo ¿qué importa! ¿Qué

importa que su nombre no llene el renglón de un
libro si llena las páginas de un mundo?

Dejemos por ahora al inmortal nave-
gante que ya volveremos sobre él.



No pretendemos hacer una reseña del
perfeccionamiento que las construcciones de hierro
han alcanzado en la segunda mitad de nuestro
siglo. Concretándonos a los puentes hay nom-
bres y cifras que dicen más, - mucho más, - de cuan-
to podamos decir. Cómparense las luces del puen-
te del Carroussel y de los Santos Padres con las de
los viaductos de Oporto y Sarabit. Cómparense
las luces de los puentes de vigas rectas construidos
hace 40 años, con la que tiene el de Fort. of Fort.
Recuérdese el adelanto conseguido por los Ingenie-
ros americanos en sus puentes colgados.

Regunta que naturalmente se ocurre. — ¿Hasta qué punto vamos a llegar? — Pascal contestará por nosotros. — « Estos ejemplos hacen soñar con los proyectos más gigantescos para lo porvenir⁽¹⁾ »

Esta contestación es muy vaga; eso no es responder concretamente. ¿Cómo será un puente que pueda llamarse gigantesco comparado con el de Brooklyn? ¿Cómo será un puente que arquite al lado del de Fort of Fort? En una palabra; ¿Qué haced se alcanzará mañana? ¿Es posible, hoy por hoy, hacer esta predicción? ¿Es posible calcular, siquiera sea aproximadamente, el partido que el Ingeniero futuro sacará del metal? ¿Es todo cuestión de tiempo y de dinero, o tiene alguna limitación

(1) Pascal, Ponts Métalliques

el problema?

Esta cuestión interesante bajo un punto de vista teórico, que al menos sepamos nosotros está sin resolver. Es más; creemos firmemente con el gran geómetra M. Lamé, que este es uno de los muchísimos problemas que nunca resolverá + exacta ni aproximadamente nuestra actual mecánica aplicada; esto únicamente se sabrá el día lejano en que esta ciencia se convierta en mecánica molecular; el día en que las teorías de elasticidad hayan salido de las sombras que hoy desgraciadamente las envuelven.

He aquí un ejemplo palpable de que en ciertos problemas caminamos á tientas. Hasta hace muy poco se calculaban los esfuerzos cor-

tantes en las vigas de muchos tramos sin tener en cuenta la sobrecarga móvle; las ordenanzas francesas no hablan una palabra de ello: hoy ya, en nuestra Escuela al menos, las calculamos por las ordenanzas austríacas que tienen muy en cuenta el efecto producido por el tren cortante. ¿En el fondo que nos dice esto? Pues que hasta los problemas de Resistencia mejor estudiados por el Ingeniero, lo están de un modo muy defectuoso; que la actual Mecánica Aplicada derrama una luz escalar cuando lo que se necesita es una luz meridiana.

Pero existe un caso particular de cálculo de puentes que podríamos decir que es un cálculo de Mecánica racional; un cálculo en que

no se habla para nada de momentos flectores
ni de esfuerzos cortantes, y en el que, por tanto, no
aparecen esos coeficientes duoboros, ni esas otras fór-
mulas complicadísimas que forman la trama de
nuestros actuales procedimientos. Los puentes, el cál-
culo de los cuales nos parece mucho más exacto
y muchísimo más sencillo que el de los demás,
son los puentes colgados. Si se nos objeta que pre-
cisamente son los puentes más inseguros no ve-
mos a negarlo de ninguna manera: buscar la
causa de esa inseguridad nos apartaría de nues-
tro estudio; lo que si se puede asegurar, es que la
esencia del cálculo de un puente colgado es
mucho más racional, más exacta y sin com-
paración más sencilla, que la de los demás

puentes; los Ingenieros no desconocen que el mal resultado que al principio dieron provenia de la movilidad, es decir, de defectos en la construcción.

Veamos si en estos puentes podemos averiguar grosso modo el límite de sus luces

Si suponemos un hilo flexible e inextensible cargado uniformemente de pesos (en proyección horizontal), sabemos que el hilo toma forma de parábola: sabemos tambien que el valor de la tensión en el punto mas bajo, en el vértice de esa parábola, es:

$$T_0 = \frac{pL^2}{2f}$$

en cuya fórmula p es el peso por unidad de longitud horizontal, L es la semiluz de la parábola

y f la flecha de la misma.

De suerte que si en esa fórmula pone-
mos en lugar de p el peso en kg.^m por metro de
lun, en lugar de L la semi-cuerda estimada en
metros, y en lugar de f la flecha estimada, como
es conveniente en metros tambien, dicho cociente
dará un cierto número de Kilg.^m , número de Kilg.^m
que será precisamente el valor de T_0 .

Oi en vez de suponer un hilo suponemos
un cable, bien sabido es que nos valemos de la
misma fórmula para el cálculo de la tensión del
mismo (1)

(1) No nos extendemos en consideraciones acerca de la magnitud de dicha
tensión en los diferentes puntos del cable: en el estudio que hacemos supo-
nemosla constante; ya se nos alcanza la inexactitud por de tal hipótesis;
pero hay que tener en cuenta que no nos proponemos resolver un problema
que atacado rigurosamente sería muy complicado, y que el brevísimo tiempo
de que disponemos no nos permite entrar en cierta clase de lucubraciones.

Pues bien; escojamos datos exageradísimo
para el cálculo de un puente enorme. Suponga-
mos por ejemplo que la luz es de 20.000 metros L ,
que la flecha es de 500 m², y que el peso por mt.
es 20.000 kilog^s.

Substituyamos estos datos en la fórmula;
tenemos:

$$T_0 = \frac{20.000 \times 10.000^2}{2 \times 500}$$

efectuando operaciones,

$$T_0 = 2.000.000.000:$$

supongamos que el metal resiste 1.000 kg^s por m² cua-
drado: puesto que

$$T_0 = S \times R.$$

(en cuya fórmula S es la superficie en m² cuadrado,
y R la resistencia por m² cuadrado,) tendremos

$$S = \frac{T_0}{R} = \frac{2.000.000.000}{1.000} = 2.000.000 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}^2} = 2 \text{ mt. cuadr.}$$

Vemos pues que el grueso del cable para resistir 20 toneladas por m.l., sería $\sqrt{\frac{2}{\pi}}$

estebamos el problema. ¿Un cable de acero de dos metros cuadrados de sección cuanto pesa por metro lineal? — La densidad del acero es próximamente 7,5, luego el m.l. de dicho cable pesará quince toneladas. Como que suponíamos que el peso por metro lineal de puente era 20 toneladas, quedan 5 toneladas disponibles para péndolas, viguetas, piso, etc. El problema pues, en teoría no es absurdo.

Pero conservando los mismos datos, alteremos únicamente la resistencia, y suponga-

mos que esa resistencia es de 500 kilg³, en vez de ser de 1.000 como antes. Entonces la sección del cable será 4 mt.², su volumen por metro 4 mt.³, y su peso 30 toneladas.

Figémosnos un poco en los datos y en el resultado. Según los datos, el peso total por metro de puente era 20 toneladas; según los resultados el peso únicamente del metro de cable, es 30 toneladas. La parte pesa más que el todo. Ese resultado es perfectamente absurdo.

No se diga que nuestros datos son quiniénicos. Estamos operando con una fórmula de mecánica racional que ha sido obtenida sin limitación de cantidades: si operáramos con fórmulas condicionales como son la mayor parte de las de Resistencia.

cia, entonces podría objetarse nos que generalizará sobre
una fórmula no comprobada sino entre ciertos lími-
tes. En el caso actual no es pertinente esa objeción.
Pero todavía añadiríamos, que si bien nuestra huer-
ta es cuarenta veces mayor que la de Brooklin, tam-
bien nuestra pero es excesivamente pequeña, (aproxí-
madamente el mismo que el de Brooklin), y nues-
tra resistencia en cambio es $(\frac{500}{33})$, quince veces ma-
yor.

Así pues toda la exageración en la huer-
ta queda compensada con creces, con muchas creces,
con el peso insignificante de 20 toneladas y la
enorme resistencia de 500 kilos por m^2 cuadrados.

Tomamos esos datos exageradísimos ad-
buscar por mera curiosidad como serían los cables

capaces de sostener un puente sobre el Estrecho de Gibraltar (1)

El problema era concreto: si con ciertos datos se obtienen resultados verdaderos, y con otros absurdos, ¿cuál es límite de los verdaderos? ¿cuál es el límite a partir del cual nunca podría pasar el régimen en la luz de un puente colgado?

Lo primero que se ocurre es que la luz máxima que teóricamente se podría alcanzar depende de varias causas a un tiempo. Desde luego depende y está en razón directa de la resistencia del metal: cuanto mayor sea esa resistencia mayor será la luz. Depende también de la den-

(1) La anchura del Estrecho no es de 20 kilómetros, es de unos 12 por el sitio más angosto. De paso diremos que gradualmente se va ensanchando, pues en la época romana tenía unos 8 kilómetros si hemos de dar crédito a Pomponio Mela

sidad; cuanto menos pesado sea el metal, mayor
hur podremos salvar con él. Y depende por último
de la flecha de la parábola: cuanto mas flecha
menos tensión.

Vamos como se pueden justificar
por el cálculo nuestros prejuicios y agruparlos en
una fórmula.

La cuestión queda planteada de
un modo sumamente sencillo. Con tal flecha,
tal resistencia, y tal densidad, ¿cómo calculare-
mos un cable para que al encontrar su sección,
el peso de dicho cable sea exactamente el que
atribuimos al puente?; por que es claro que si
llegamos a esa hur, de ahí es imposible pasar:
si llegamos a esa hur el cable no puede sostener

mas peso que el suyo propio; y como es neces-
rio un excedente de peso, un suplemento como
si dijéramos, para la ^{super}estructura y para la carga
móvil, ese sera' con mucho un límite absoluto.

Ya sabemos que en estas condiciones,
lo que en el fondo calculamos es una catenaria.
Pues bien; ¿en qué límite la parábola convertirse
en catenaria?

Tampoco ignoramos que esto no es abar-
car el problema de un modo rigurosamente exac-
to, puesto que operamos con la tensión horizon-
tal, que desde luego es algo menor que la tensión
en los anaqueles: pero la diferencia es pequeña, y
sobre todo, no escribimos la memoria de un proyecto,
y si solo buscamos una solución aproximada.

Atendamos a la fórmula fundamen-

tal

$$T_0 = \frac{\mu L^2}{2f} \quad (1)$$

Llamemos A a la relación de la flecha a la luz;

$$A = \frac{f}{2L}$$

Pongamos la fórmula (1) en forma cómoda para nuestro objeto

$$T_0 = \frac{\mu L \frac{2L}{f}}{2f \frac{2}{f}} = \frac{\mu L \frac{1}{A}}{4} = \frac{\mu L}{4A}$$

Como la tensión total T_0 , es la superficie por la resistencia, tendremos

$$T_0 = \frac{\mu L}{4A} = S \times R$$

en cuya fórmula no olvidemos que L está medida en $\frac{\text{mm}}{\text{mm}}$ cuad.² y R en kilg.²

Despejando S,

$$S = \frac{\mu L}{4AR} :$$

si esta seccion S la multiplicamos por 1.000, tendremos el volumen $(\frac{\mu L}{4AR} \times 1.000)$ de un metro de cable en $\frac{m^3}{\mu m}$.

Dividiendo ese volumen por 1.000.000 lo tendremos en decímetros cúbicos; y una vez en decímetros cúbicos, no hay mas que multiplicar por la densidad para obtener el peso del m.l. de cable: y como ese peso queremos que sea igual al peso por m.l. de puente, tendremos en definicion

$$\frac{\frac{\mu L}{4AR} \times 1.000}{1.000.000} \times D = \mu j$$

de donde L

$$L = \frac{4.000 AR}{D} ;$$

y haciendo

$$A = \frac{1}{A'} i$$

$$L = \frac{4.000 R}{A' D}$$

L decíamos que era la semiluz, luego finalmente, llamando L' a la luz

$$L' = 2L = \frac{8.000 R}{A' D}$$

Esa es la fórmula que da la luz máxima que se podrá alcanzar en los puentes colgados.

Vemos pues que la luz es directamente proporcional a la resistencia; e inversamente proporcional al denominador de la fracción que representa la flecha, y a la densidad del metal.

Por la misma forma de la fórmula vemos que si A' crece ó disminuye, y D disminuye ó crece en la misma proporción la luz teórica no se altera: es decir, flecha y densidad, a luz constante, varían en sentido contrario

La sección D no entra en la fórmula,
lo cual indica que la ley teórica es independiente
de ella; y este resultado que pudiera sorprender
a primera vista, no debe extrañarnos si nos dete-
nemos un momento. En efecto; si suponemos
un solo hilo que resista lo estrictamente necesario
para no romperse, un cable compuesto de 100 hi-
los de la misma clase, evidente es que estará en
las mismas condiciones de equilibrio estricto que
el hilo único.

Desarrollemos en un ejemplo la fórmu-
la: consideraremos a D constante e igual a 7.
Tomamos 7 y no 7,5 que se aproxima más a la den-
sidad del acero, porque hay aceros, cuya densidad
es 7,3 y queremos operar con números redondos.

En dicho cuadro la primera columna es el valor de la relación de la flecha a la luz; es lo que en nuestros cálculos hemos llamado A. La segunda columna es A'. La resistencia R hacemos la crecer de 10 en 10 kg^2 por mm^2 cuadrados. Los aceros que mas resisten como los crómicos del puente de Brooklyn no resisten mas allá de 33 kg^2 por mm^2 cuadrado (1); sin embargo nosotros llegamos en nuestro cuadro de lúces teóricas hasta 100 kg^2 de resistencia: en las flechas hasta $\frac{1}{40}$.

Si se nos pidiera por ejemplo la luz teórica que podríamos alcanzar con un acero que resistiera 10 kilos con pilas que no excedieran de 50 mt. buscaríamos en la 4.^a columna e íbamos

(1) La resistencia absoluta del dicho acero es aproximadamente 100 kg^2 por mm^2 cuadrado. Los Ingenieros constructores los han hecho resistir cerca del tercio de dicha resistencia es decir en 33 kilos.

*Fuerzas máximas que puede obtenerse
con un cable descargado.*

Valores de A	Valores de A'	Valores de R por milímetro cuadrado									
		10 ^k	20 ^k	30 ^k	40 ^k	50 ^k	60 ^k	70 ^k	80 ^k	90 ^k	100 ^k
1/1	1	11.428	22.856	34.284	45.712	57.140	68.568	79.996	91.424	102.852	114.280
1/2	2	5.714	11.428	17.142	22.856	28.570	34.284	39.998	45.712	51.426	57.140
1/4	4	2.857	5.714	8.571	11.428	14.285	17.142	19.999	22.856	25.713	28.570
1/6	6	1.905	3.810	5.715	7.620	9.525	11.430	13.335	15.240	17.145	19.050
1/8	8	1.428	2.857	4.285	5.712	7.140	8.568	9.996	11.424	12.852	14.280
1/10	10	1.142	2.284	3.426	4.568	5.710	6.852	7.994	9.136	10.278	11.420
1/12	12	952	1.904	2.856	3.808	4.760	5.712	6.664	7.616	8.568	9.520
1/14	14	816	1.632	2.448	3.264	4.080	4.896	5.712	6.528	7.344	8.160
1/16	16	714	1.428	2.142	2.856	3.570	4.284	4.998	5.712	6.426	7.140
1/18	18	635	1.270	1.905	2.540	3.175	3.810	4.445	5.080	5.715	6.350
1/20	20	571	1.142	1.714	2.285	2.857	3.428	3.999	4.571	5.142	5.710
1/30	30	380	760	1.140	1.420	1.900	2.280	2.660	3.040	3.420	3.800
1/40	40	280	570	855	1.140	1.425	1.710	1.995	2.280	2.565	2.850

lajando hasta el número 1.420. En efecto, la flecha de esa luz es $\frac{1}{30}$, es decir $\frac{1.420}{30} = 47$ mt. Claro es que este será un límite absoluto; y por las razones que antes hemos expuesto no se podría llegar a él.

Si nos fijamos en la fórmula que hemos encontrado, y en la que da el peso total del cable y las varillas

$$I = \frac{8.000}{R} (\pi + \mu) \times 4 a^2 \left(\frac{a}{4b} + \frac{b}{2a} \right) \quad (*)$$

vemos que entra en ella ese factor 8.000, factor que también encontramos en la fórmula que da el coeficiente económico de un puente suspendido: hacemos notar la coincidencia en corroboración de la exactitud técnica de nuestra fórmula.

(*) Resal, Calcul de Ponts Metaliques, Tomo I, pag. 277.

Supongamos que con la fórmula fundamental $T_0 = \frac{p \cdot L^2}{2f}$, buscáramos la densidad de un cable que sin más peso que el suyo salvara una luz de 12.000 mt. Supongamos a la catenaria una flecha de 600 mt., y al metal una resistencia de 100 kilos por cm^2 quad. Sustituyamos esos datos en la fórmula. Tendremos

$$T_0 = S \times R = \frac{p \cdot 6000^2}{2 \times 600}$$

En esta fórmula R es la resistencia por cm^2 quad., luego la resistencia por decímetro quad. será $R \times 100^2$ (1)

Tendremos pues:

(1) Llevamos a la unidad decímetro porque el 2.º miembro viene dado en kg^2 .

$$T_0 = R \times 100^2 + S = 100 \times 100^2 + S = \frac{v \times D \times 6.000^2}{2 \times 600}$$

descomponiendo el volumen v en el producto de la base (sección del cable), por la altura (1 mt.) estimada en decímetros, tendremos:

$$T_0 = 100^3 + S = \frac{S \times 10 \times D + 6.000^2}{2 \times 600}$$

suprimiendo S en los dos miembros, y sacando el valor de D , tendremos:

$$D = \frac{20}{6} = 3,33 \dots$$

Al mismo valor de D llegaríamos S sustituyendo en la fórmula de la altura $L = \frac{8000 R}{A D}$ los valores de nuestro problema:

$$12.000 = \frac{8.000 \times 100}{20 \times D}, \text{ de donde } D = \frac{20}{6}$$

Fijándonos en este resultado podemos decir: hemos alcanzado una altura teórica de 12.000 mt. con un metal cuya resistencia por $\frac{m}{cm^2}$ es cien kg. y

cuya densidad es 3,33...: luego si en vez de ese me-
tal tuviéramos otro de densidad 2,5 y de la mis-
ma resistencia, el exceso de peso que de esta dife-
rencia de densidades se originaría podríamos
aprovecharlo en péndolas y superestructura. En
una palabra, tendríamos puente.

Ya en este terreno el problema se redu-
ce a esta pregunta; a esta pregunta que respetuo-
sísima y elevadamente elevamos a nuestro sabio profesor de
 Materiales .

En el estado actual de la ciencia es
absoluto suponer que el ingeniero llegará un día
a obtener una aleación de base aluminio cuya
densidad fuera 2,5 (1) y cuya resistencia por $\frac{m}{cm^2}$ fuese

(1) La densidad del aluminio es 2,5

100 kg? ? o' de otro modo i no se llegará nunca á obtener una aleación que pese tres veces menos y resista tres veces más que el acero del puente de Brooklyn?

La respuesta sabemos que es difícil, sumamente difícil; por la misma magnitud de la dificultad no nos atreveríamos á elevarla sin á persona competentísima en lo que á aceros atañe.

Nuestro profesor lo dice bien claro (1) «no se puede decir, por tanto, que el carbono sea el agente único de la aceración; mas no está todavía bastante estudiado, ni con arreglo á plan sistemático, la influencia de otros cuerpos; y aun cuando la explicación que se ha apuntado parece exacta, olvida de estar suficientemente demostrada y por eso la teoría del acero se encuentra ahora en la confusión

(1) Parola, e Materiales de Construcción, 2ª edición, pág. 524

causada por el descubrimiento de nuevos hechos, y es probable que continúe
aún hasta que se generalice el estudio de la influencia que ejerce la textura
de los metales, su combinación con pequeñas dosis de otras sustancias»

Todo nuestro problema gira al redor de
dicho eje. El día que el hombre encuentre una
+ aleación aluminica que resista tres veces más que
los aceros cromoicos del puente de Brooklyn, ese día
el Estrecho de Gibraltar se salva por un puente
colgado. La Mecánica racional lo dice, y la
Mecánica racional no se engaña. No hablaría
más con esta seguridad si hubiéramos partido de
una fórmula de Resistencia.

En el Estrecho no es posible somar
con otro puente que con uno colgado; sus enormes
profundidades (*) no permitirán nunca fundar en

(*) La profundidad del Estrecho es en casi toda su longitud superior a 200 mt.; la del Canal
de la Mancha en general de 30 a 40 mt.

frime; sus poderosas corrientes no nos dejan pensar en
algo así como pilas flotantes, a la par que las exi-
gerias de la navegacion no nos dejan sentir con un
gigantesco puente de barcas. Si se salva algun dia re-
petimos que Sera' con un puente colgado. Los ci-
fras de ese puente ya nos hacen cargo que huan
asomar a algunos labios la sonrisa de la increduli-
dad. - ¡Pilas de 600 mt. ! - ¡ Resistencias de 100 kiloy. ! -
Pero que; ¿ acaso ya hemos llegado al limite ? ¿ El ar-
te del Ingeniero, el arte de construir ha alcanzado una
perfeccion tal, que en un arranque de soberbia po-
damos decir a las generaciones futuras - ¿ De ahí no
pasaran ? - ¿ Que olivia hoy Polonceau eminente Inge-
niero del año 30 al admirar el puente de Brooklyn,
cuando él escribia una vez concluido su famoso So

pmente sobre el Sena de arcos de 30 mt. de luz,
que el metal no podria resistir a las vibraciones
y que su puente no duraria arriba de 10 años?
¿ Fue' dicho el mismo Ingeniero si se le hubiera
asegurado que aquel hueco fundido que él em-
pleaba, con dosis miligramáticas de carbono
y de cromo resistiria en buenas condiciones
cuero veces mas que sus artísticas dovelas? ¿ Fue'
dichas los Ingenieros del pasado siglo si se les
hubiera jurado que sus muros salvarian las lu-
ces de Fort of Fort? ¿ Porque' con el acero fu-
turo, con un acero de base aluminio no se han
de salvar esas luces?

Creemos firmemente que si; creemos
que ya hoy nos es lícito soñar en ese enorme,

32

^{en ese} gigantesco colunpio que haní entrar a torrentes la civilización en el Continente africano. Creemos que al glorificar al hombre que nos unió a América, es permisible sonar con el que unirá el África a nuestra vieja Europa.

Un eminente Ingeniero francés cortó el Continente africano por Ismaria y un Ingeniero español debe unirlo a España por Tanis. Ese Ingeniero será el Colón futuro. Si el gran genovés con una mano en el Delta del Orinoco y con la otra en Guanahani, unió el continente americano y lo sacó al nivel de nuestras civilizaciones cristianas, ese Ingeniero futuro con una mano en Tanis y con la otra en las playas de Ceuta mirará con espuero de gigante los continentes

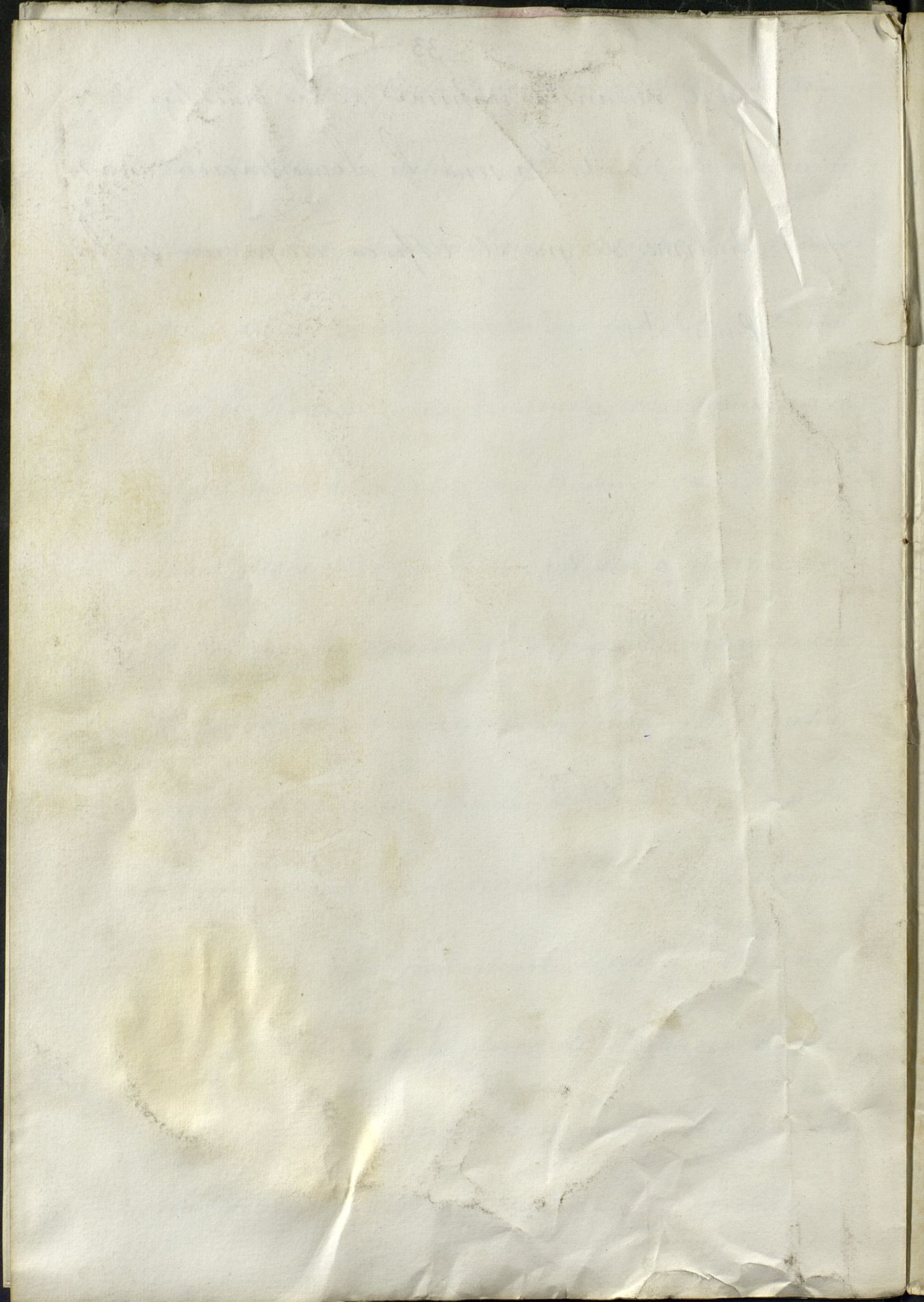
que el tiempo separó; deshavió en una docena
de años cuantos estragos y erosiones causaron los
elementos trabajando millares de siglos; las enormes
pilas de su puente realizarían las futuras colum-
nas de Hércules, y de esa suerte, solventaríamos en
algun modo la deuda que tenemos con los berbe-
nicos desde el siglo VIII: sí, que a nosotros no
nos abriman las muertes de estirpe, las liviandades
de un Rey, las venganzas de un Obispo, las justici-
mas represalias del Conde D. Julian, nos las
abriman represalias de civilización, deudas sagra-
das que con ellos contrajimos desde los esplendo-
res del Califato, y el deseo de deshacer en al-
gun modo la infame y antipolítica espub-
licación de los moriscos, Las playas africanas

son el ensanche natural de las montañas:

i Esa será la demostración más

sublime de que el Oficio empieza en los

Pirineos!



Gibraltar

